
1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



SPECIFISCHE GEWICHTE DER SALZLÖSUNGEN.

SPECIFISCHE GEWICHTE

DER GEBRÄUCHLICHSTEN

SALZLÖSUNGEN

BEI

VERSCHIEDENEN CONCENTRATIONSGRADEN.



NEBST

BEITRÄGEN ZUR KENNTNISS DER VOLUMVERÄNDERUNGEN, WELCHE BEIM VERDÜNNEN WÄSSRIGER SALZLÖSUNGEN, SOWIE BEIM LÖSEN DER SALZE IN WASSER STATTFINDEN,

UND

BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE AUSDEHNUNG MEHR UND MINDER CONCENTRIRTER GLEICHNAMIGER LÖSUNGEN DURCH DIE WÄRME.

FÜR

CHEMIKER UND PHYSIKER.

VON

DR. G. TH. GERLACH,

Chemiker der Struve'schen Mineralwasser-Anstalt in Cöln am Rhein.

MIT FÜNF LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

FREIBERG.

BUCHHANDLUNG J. G. ENGELHARDT.

(BERNHARD THIERBACH.)

1859.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

VORWORT.

Der praktische Werth, den genaue specifische Gewichtsbestimmungen von Lösungen für die Technik haben, um aus ihnen den Grad der Concentrationen der Lösungen sofort ableiten zu können, bestimmte mich bereits vor längerer Zeit eine Revision derjenigen specifischen Gewichts-Tabellen vorzunehmen, welche für mich von besonderem Interesse waren. So wichtig die Kenntniss der specifischen Gewichtsverhältnisse für die Praxis erscheint, so sehr muss es befremden, dass die Wissenschaft diesen speciellen Theil der Physik bis jetzt so wenig genügend ausgebeutet hat, Vergleicht man die specifischen Gewichts-Tafeln über ein und dieselbe Lösung mit einander, so stimmen die wenigsten derselben überein. Ich erinnere nur an die bedeutenden Abweichungen, welche sich zwischen den specifischen Gewichts-Tafeln von *Ure* und *Bineau* über den Procentgehalt der Schwefelsäure vorfinden, an die Verschiedenheiten zwischen den Tabellen von *Ure* und *Davy* über den Procentgehalt des Ammoniakliquors, an die unsicheren Tabellen von *Dalton* über den Procentgehalt der Kali- und Natron-Lauge und an die Unterschiede seiner Tabellen zwischen denen von *Tünnermann* entworfenen; ferner an die Unrichtigkeit der *Tünnermann*'schen Tabellen über die specifischen Gewichte der kohlensauren Kali- und kohlensauren Natron-

Lösungen u. s. w. und wir finden, dass wir nicht einmal über die wichtigsten und gebräuchlichsten Lösungen übereinstimmende und sichere Tafeln besitzen. Diese Abweichungen lediglich der Verschiedenheit der Temperaturen zuzuschreiben, bei welchen die Tafeln entworfen wurden, wird man bei näherer Betrachtung bald als unzureichend erkennen.

In dieser Beziehung darf ich hoffen, dass die mit Sorgfalt ausgeführten specifischen Gewichtsbestimmungen einiger der gebräuchlichsten Salzlösungen nicht ohne Interesse aufgenommen werden und der praktische Nutzen derselben ausgebeutet wird.

Es herrscht leider unter den Physikern nicht das volle Einverständniss, welche Temperatur als die Normaltemperatur bei specifischen Gewichts-Bestimmungen eingehalten werden soll, doch haben sich die grösste Anzahl bei der Bestimmung der specifischen Gewichte fester Körper dahin ausgesprochen, dass die Temperatur des schmelzenden Eises*) als maassgebend anzusehen sei. Bei der Bestimmung der specifischen Gewichte von Flüssigkeiten hat man meist 15° Cels., oft auch 14° R. gewählt, doch treffen wir auch eine Menge anderer Temperaturgrade an. Die von mir bestimmten und in folgenden Blättern mitgetheilten specifischen Gewichte beziehen sich sämmtlich auf die Temperatur von 15° Celsius; das Gewicht eines gleich grossen Volumen Wassers von derselben Temperatur als Einheit.

Bei der Bestimmung der specifischen Gewichte konnte es mir nicht entgehen, dass das mittlere specifische Gewicht **) nie mit demjenigen zusammenfällt, welches die Berechnung ergiebt, sondern dass bei allen Flüssigkeiten beim Vermischen eine Volumveränderung eintritt, welche auf das specifische Gewicht des Gemisches nicht ohne Einfluss bleiben konnte.

---

*) Als Einheit wählt *Regnault* Wasser von 0° Cels., *Karsten* Wasser von 4° Cels. als das dichteste. (*Gilbert's* Annalen Bd. 27, S. 263.)

**) Das heisst dasjenige specifische Gewicht, welches einem mittleren Concentrationsgrad entspricht, abgeleitet aus dem specifischen Gewichte einer concentrirten Lösung und einer verdünnteren Lösung, oder des Lösungsmittels selbst.

Ich bin bemüht gewesen, den Grund dieser Erscheinung zu erforschen und habe hierbei sowohl die Volumveränderungen in das Auge gefasst, welche beim Verdünnen wässriger Lösungen eintreten, als auch die Volumveränderungen, welche beim Lösen wasserfreier und Krystallwasser enthaltender Salze wahrgenommen werden.

Insofern die Temperaturverhältnisse von dem mächtigsten Einflusse auf die nummerischen Werthe der specifischen Gewichte sind, musste es von Wichtigkeit erscheinen, die Ausdehnungen, welche die Lösungen durch die Wärme erleiden, kennen zu lernen. Die Versuche, welche ich in dieser Beziehung angestellt habe, sowie die hieraus abgeleiteten specifischen Gewichte einiger Salzlösungen bei verschiedenen Temperaturgraden, bilden einen besonderen Abschnitt.

Vorliegende Abhandlung zerfällt sonach in drei Theile:

Im ersten Theil sind die specifischen Gewichte der untersuchten Salzlösungen tabellarisch zusammengestellt.

Der zweite Theil umfasst die Versuche zur Ermittelung der Gesetzmässigkeiten, welche der Aenderung des Volumens beim Verdünnen von Lösungen und beim Lösen der Salze in Wasser zu Grunde liegen.

Der dritte Theil endlich enthält die Volumina der Lösungen bei den Temparaturen zwischen 0° Cels. und den Siedepunkten, und die hieraus abgeleiteten specifischen Gewichte bei verschiedenen Temperaturgraden.

INHALT.

Specifische Gewichts-Tabellen einiger Lösungen bei verschiedenen Concentrationsgraden.

Versuche zur Ermittelung der Gesetzmässigkeiten, welche der Aenderung des Volumens beim Verdünnen von Lösungen und beim Lösen der Salze in Wasser zu Grunde liegen.

Ueber die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme.

Verbesserungen:

Seite 41	Zeile 10	von oben	*statt:*	des specifischen Gewichts	*lies:*	das specifische Gewicht.
„ 41	„ 12	„ „	„	(Seite 8)	„	(Seite 28).
„ 58	„ 6	„ „	„	enthält die Schwefelsäure	„	enthält die Salpetersäure.
„ 72	„ 20	„ „	„	$NaO.SO^2$	„	$NaO.SO^3$.
„ 112	„ 2	„ unten	„	10443	„	10445.
„ 112	„ 1	„ „	„	10457	„	10473.

Bestimmung der specifischen Gewichte.

Wenn die Behauptung *Karsten*'s*), „dass es nur Zufall sein soll, sobald das specifische Gewicht ein und desselben Körpers bei der Wiederholung des Versuches bis auf ein oder zwei Hunderttheile übereinstimmend gefunden wird," in ihrer allgemeinen Aufstellung als übertrieben erscheinen muss, so möchte auch der Ausspruch *Baumgärtner*'s**), „dass über die dritte Decimalstelle hinaus auf eine Genauigkeit des specifischen Gewichtes der Körper nicht mehr zu rechnen sei, und die dritte Decimalstelle erst dann Zutrauen verdiene, wenn die nöthigen Correctionen angebracht seien," einer Modification bedürfen; vorausgesetzt, dass diese Physiker nicht bloss die specifischen Gewichtsbestimmungen festen Körper vor Augen hatten; gleichwohl deuten die ausgesprochenen Ansichten beider Physiker auf die Schwierigkeiten hin, welche die genaue Ermittelung 4- oder 5zifferiger Decimalstellen bietet.

Da sich alle Flüssigkeiten, sowohl die specifisch leichteren, als specifisch schwereren, in den niederen Wärmegraden (0° C. bis circa 20° C.) bei Temperaturveränderungen viel stärker ausdehnen als das Wasser, so wird aus diesem Grunde das genaueste Einhalten der Normaltemperatur unerlässliche Bedingung.

In gleicher Weise wie die Temperaturverhältnisse ihren Einfluss auf die specifischen Gewichte geltend machen, wird die Glaubhaftigkeit der specifischen Gewichte auch von der Correctur der Wägungen, welche ihnen zu Grunde liegen, auf den luftleeren Raum abhängen müssen, da die atmosphärische Luft bei den verschiedenen Barometerständen und Temperaturgraden selbst ihr specifisches Gewicht ändert.

---

*) Journ. f. Chem. u. Phys. von *Schweigger-Seidel*, Bd. LXV, S. 408.

**) Naturlehre mit Rücksicht auf mathematische Begründung. Supplementband, S. 68.

Alle die specifischen Gewichte, welche ich hier im Folgenden anführe, sind mit der hydrostatischen Waage bestimmt worden, nachdem die Flüssigkeiten genau auf die Temperatur von 15°C. gebracht worden waren. Es haben hierbei jederzeit Differenzen von selbst $^1/_{10}$ Grad Beachtung gefunden. Die 1000 Gran-Fläschchen habe ich nicht in Anwendung gebracht, da diese den praktischen Nachtheil haben, dass die in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten, nachdem man sie auf eine bestimmte Temperatur gebracht hat, beim Abtrocknen des Glases leicht um etwas erwärmt werden. Dieser Uebelstand ist bei dem Gebrauche lästig und macht oft eine Menge Versuche nöthig, wenn man mit Genauigkeit verfahren will.

Die von mir zur Bestimmung der specifischen Gewichte benutzte Waage gab bei 70 Grm. Belastung mit $^1/_2$ Milligr. Uebergewicht noch einen sehr merklichen Ausschlag. War die Waage mit dem hydrostatischen Senkkörper versehen (der nahe 12 Grm. Wasser verdrängte), so verlor sie allerdings durch die Adhäsion der Flüssigkeiten an dem, zwar sehr dünnen, Platindraht an Empfindlichkeit, so dass bei dicklichen Flüssigkeiten (z. B. concentrirte Lösungen von Citronensäure oder Weinsäure) das zuletzt aufgelegte Milligramm kaum von Wirkung war.

Die specifischen Gewichte können selbstverständlich nur so viel genaue Decimalstellen liefern, als die Gewichtsverhältnisse genaue Decimalstellen besitzen, aus denen die specifischen Gewichte hervorgegangen sind. Die fünfte Decimalstelle kann schon aus diesem Grunde nur eine annähernde Grösse sein, wenn die specifischen Gewichte nicht mit einer noch viel empfindlicheren Waage und mit einem bedeutend grösseren Senkkörper bestimmt werden; Bedingungen, die gleichzeitig gewiss sehr schwierig zu erfüllen sind. Ich habe dessenungeachtet den specifischen Gewichten 5 Decimalstellen gegeben, betrachte aber die letzte Decimalstelle nur als annähernde Zahlengrösse.

Es ist noch festzustellen, dass sich sämmtliche Angaben des Procentgehaltes der Lösungen auf wasserfreies Salz beziehen. Da die Salze, welche mit Krystallwasser krystallisiren, aus bekannten Gründen (Verwittern, Anziehen von Feuchtigkeit, Einschliessen von Lauge etc.) fast nie genau die Menge Wasser enthalten, welche man nach ihren chemischen Formeln voraussetzen möchte, so ist das Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem angewendeten Salze jederzeit genau bestimmt worden.

Es wurden stets nur völlig chemisch reine Salze in Anwendung gebracht; wenn ich daher im Folgenden von „Mutterlauge“ rede, so möchte ich hierunter diejenige concentrirte Lösung verstanden wissen,

welche bei 15°C. bereits Krystalle ausgeschieden hatte. Da nur chemisch reine Salze in Auflösung gebracht worden waren, so mussten auch diese concentrirten Lösungen nur wieder reine Salze enthalten. Ich halte diese Bemerkung für nöthig, da der Begriff des Wortes Mutterlauge in der Regel in anderem Sinne aufgefasst wird.

Die Lösungen von angeführtem Procentgehalte sind stets mit grösster Sorgfalt und Genauigkeit dargestellt worden und wurden die letzten Tröpfchen Wassers immer mittelst einer, zu einer sehr feinen Spitze ausgezogenen Glaspipette zugefügt. Die Lösungen hatten in der Regel das Gewicht von 20 Unzen. Die hierzu benutzte Waage gab bei 2 Pfund Belastung auf jeder Schaale $^1/_2$ Gran Uebergewicht sehr deutlich an. Gewicht und Waage waren neuerdings justirt.

Um aus den durch den Versuch gefundenen Gewichtswerthen die wahren Gewichtswerthe abzuleiten, d. h. diejenigen, welche sich auf die Wägungen im luftleeren Raume beziehen, ist jederzeit das Gewicht des Luftvolumens, welches der hydrostatische Glaskörper beim Tariren verdrängte, und um dessen Gewicht er mithin beim Wägen in der Atmosphäre zu leicht befunden werden musste, zu seinem Gewichte in Addition gebracht worden; ebenso hat jederzeit das Gewicht des Luftvolumens, welches diejenigen Gewichte verdrängten, die beim Einsenken des Glaskörpers in die Flüssigkeiten zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes der Waage entfernt werden mussten, bei der Berechnung seine Berücksichtigung gefunden, indem sein Gewicht in Subtraction gebracht wurde.

Beispielsweise folgen hier die Correctionen, welche an den Gewichtswerthen angebracht werden mussten, die der Glaskörper beim Einsenken in destillirtes Wasser und in eine bei 15°C. gesättigte Kochsalzlösung von seinem eigenen Gewichte verlor.

Ein Glaskörper, welcher als hydrostatischer Senkkörper zur Bestimmung der specifischen Gewichte diente, wog in der Luft bei 28 pariser Zoll Barometerstand und 17° C. Zimmertemperatur

35,3555 Grammen.

Zur Bestimmung der Grösse des, durch diesen Glaskörper verdrängten Luftvolumens wurde derselbe in Wasser gewogen. Er wog alsdann nur

23,3695 Grammen.

Das Gewicht des verdrängten Wassers betrug mithin

11,9860 Grammen.

Die Temperatur des Wassers war bei diesem Versuche 15°C. — Da das Gewicht des Wassers bei seiner grössten Dichtigkeit, in Grammen ausgedrückt, auch gleichzeitig sein Volumen in Cubikcentimetern angiebt, so war das Gewicht eines gleich grossen Volumens Wassers bei 4°C. zu berechnen.

Nach *Hallström's* Versuchen über die Ausdehnung des Wassers (das Volumen bei 0° C. = 1) hat dasselbe

bei 4° C. ein Volumen = 0,999888
„ 15° C. „ „ = 1,00072.

11,9860 Grm. Wassers von 15° C. kommen mithin dem Volumen von 11,996 Grm. Wassers von 4° C. gleich; der Glaskörper verdrängte mithin bei seinem Wägen in der Atmosphäre 11,996 CC. Luft.

100 CC. Luft von 28″ Barometerstand und 17° C. Temperatur wiegen 0,119087 Grm.; mithin 11,996 CC. 0,014286 Grm.

Hätte die Correctur des Wassers auf sein Gewicht bei der grössten Dichtigkeit nicht stattgefunden, so würde man gefunden haben 0,014274 Grm.

Das Gewicht des Glaskörpers war also in Rechnung zu bringen zu

35,3555
+ 0,014286
35,369786 Grm.

Andererseits bedürfen die Gewichte einer Correctur, da auch sie um das Gewicht eines ihnen gleich grossen Volumens Luft zu leicht wirken mussten, und mithin als solche in Rechnung zu bringen waren.

Wie bereits erwähnt, wog die durch den Glaskörper verdrängte Wassermenge 11,9860 Grm. Nimmt man das specifische Gewicht des Messings = 8*), so würden jene 11,986 Grm. Messinggewichte dem Volumen von $\frac{11,986}{8}$ = 1,49825 Grm. Wassers von der grössten Dichtigkeit entsprechen. Sie nehmen mithin das Volumen von 1,49825 CC. ein. Ein solches Volumen Luft bei 28″ Barometerstand und 17° C. Temperatur wiegt

0,001784 Grm.

Dieses durch die Messinggewichte verdrängte Luftvolumen von 0,001784 Grm. war nicht in Addition, sondern in Subtraction zu bringen, eben weil die Wägung in der Luft geschah, und doch jene, um 0,001784 Grm. zu leichten 11,986 Grm. Messinggewichte das Gleichgewicht der Waage herzustellen hinreichten.

Die Rechnung würde somit lauten:

	35,3555	Grm.	gefundene Tara des Glaskörpers
+	0,014286	„	durch den Glaskörper verdrängte Luft
	35,369786	„	
—	23,3695	„	noch aufliegende Gewichte nach dem Einsenken des Glaskörpers in das Wasser
	12,000286	„	
—	0,001784	„	durch 11,986 Grm. Messinggewichte verdrängte Luft
	11,998502	„	

*) Chemische Tafeln zur Berechnung der Analysen von *R. F. Marchand*, S. 100.

11,998502 Grm. ist mithin das wahre Gewicht des, durch den Glaskörper verdrängten Wassers von 15°C.

Bei der Gewichtsberechnung der, durch die Messinggewichte verdrängten Luft hat der einfacheren Berechnungsweise halber hier immer nur diejenige Gewichtsmenge Beachtung gefunden, welche den beim jedesmaligen Einsenken des Glaskörpers in die Flüssigkeit wegzunehmenden Messinggewichten entspricht, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Es würde die Rechnung nur weitläufiger machen, keineswegs aber richtiger, wollte man die vollständige Rechnung ausführen.

Die vollständige Rechnung würde lauten:

	35,3555	Grm.	gefundene Tara
—	0,005263	„	durch 35,3555 Grm. Messinggew. verdrängte Luft
	35,350237	„	wahrer Betrag des gefundenen Gewichtes
+	0,014286	„	durch den Glaskörper verdrängte Luft
	35,364523	„	wahre Tara des Glaskörpers im luftleeren Raume
—	23,3695	„	noch aufliegende Gewichte nach dem Einsenken des Glaskörpers in das Wasser
	11,995023	„	
+	0,003479	„	durch 23,3695 Grm. Messinggew. verdrängte Luft
	11,998502	„	

oder:

	35,364523	„	wahre Tara des Glaskörpers im luftleeren Raume
—	23,366021	„	(23,3695 — 0,003479) wahrer Betrag der Gewichte, welche die Tara bilden nach dem Einsenken des Glaskörpers in Wasser
	11,998502	„	

Bei allen durch den Versuch ermittelten Gewichtswerthen sind diese Correctionen angebracht, und nur die so corrigirten Zahlen wurden der Berechnung der specifischen Gewichte zu Grunde gelegt. Den so gewonnenen specifischen Gewichten allein liegt ein richtiges Verhältniss zu Grunde und nur sie können als wirklich vergleichbare Grössen betrachtet werden.

Beim Einsenken des Glaskörpers in die bei 15°C. gesättigte Kochsalzlösung verlor der Glaskörper 14,438 Grm. von seinem Gewichte, so dass 20,9175 Grm. Gewichte hinreichten das Gleichgewicht der Waage wieder herzustellen. Die Correction würde hier lauten:

	35,3555	Grm.	gefundene Tara des Glaskörpers
+	0,014286	„	durch den Glaskörper verdrängte Luft
	35,369786	„	
—	20,9175	„	noch aufliegende Gewichte nach dem Einsenken des Glaskörpers in die gesättigte Kochsalzlösung.
	14,452286	„	
—	0,002149	„	durch 14,438 Grm. Messinggew. verdrängte Luft
	14,450137	„	

14,450137 Grm. ist mithin das wahre Gewicht der, durch den Glaskörper verdrängten Kochsalzlösung von 15° C. Das specifische Gewicht dieser Kochsalzlösung ist mithin:

$$\frac{14,450137}{11,998502} = 1,20433.$$

Hätte keine Correction der Gewichtswerthe stattgefunden, welche durch die directen Wägungen gefunden worden waren, so würde das specifische Gewicht derselben Lösung erhalten worden sein zu:

$$\frac{14,4380}{11,9860} = 1,20457.$$

Um die jedesmaligen weitläufigen Rechnungen zu umgehen, betreffend das Gewicht der Luft bei verschiedenen Barometerständen und Temperaturen, habe ich eine Tabelle entworfen für die Gewichte von 100 CC. Luft zwischen 0° und 30° C. Diese Tabelle ist berechnet nach der bekannten Correctionsformel:

$$v = \frac{V.(D - E)}{[1 + (0,003665.\,t)].\,N}$$

In dieser Formel entspricht:

V dem Luftvolumen,

D dem herrschenden Barometerstande,

E der, der Temperatur entsprechenden Tension des Wasserdampfes,

t der herrschenden Temperatur,

N dem Normalbarometerstande von 760 Millimeter,

0,003665 ist der Ausdehnungscoëfficient der atmosphärischen Luft (für jeden Grad Celsius), und

v ist das corrigirte Gasvolumen.

Es ist bei dieser Tabelle auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft berücksichtigt worden, und zwar wurde, wie aus der Formel hervorgeht, jederzeit der Grad der Sättigung angenommen. Mag diese Voraussetzung auch nicht allemal der Wirklichkeit entsprechen, so war doch eine gänzliche Vernachlässigung des Feuchtigkeitsgehaltes aus theoretischen Gründen nicht zu rechtfertigen.

Für die Spannkraft der Wasserdämpfe wurden die Angaben von *Magnus* *) benutzt.

Das Gewicht eines Cubikcentimeters Luft wurde nach den Bestimmungen von *Regnault* in völlig trockenem Zustande bei 0° C und 760 Mm. Barometerhöhe mit 0,001293. Grm. in Rechnung gebracht.

---

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXII.

Die Gewichte von 100 CC. atmosphärischer Luft in Grammen ausgedrückt bei 26, 27, 28 und 29 par. Zoll Barometerstand und 0° bis 30°C. Temperatur.

Mit Berücksichtigung des, der jedesmaligen Temperatur entsprechenden Feuchtigkeitsgehaltes beim Grade der Sättigung.

°C.	26''	27''	28''	29''
0	0,118990	0,123596	0,128203	0,132809
1	0,118497	0,123086	0,127676	0,132266
2	0,118003	0,122576	0,127149	0,131722
3	0,117510	0,122066	0,126622	0,131179
4	0,117016	0,121556	0,126096	0,130636
5	0,116523	0,121046	0,125569	0,130092
6	0,116024	0,120531	0,125038	0,129545
7	0,115424	0,120016	0,124607	0,128999
8	0,115035	0,119501	0,123976	0,128452
9	0,114526	0,118986	0,123446	0,127905
10	0,114027	0,118471	0,122915	0,127358
11	0,113517	0,117945	0,122373	0,126801
12	0,113006	0,117419	0,121832	0,126244
13	0,112496	0,116893	0,121290	0,125687
14	0,111984	0,116367	0,120749	0,125130
15	0,111475	0,115841	0,120207	0,124573
16	0,110945	0,115296	0,119647	0,123998
17	0,110414	0,114751	0,119087	0,123423
18	0,109884	0,114206	0,118527	0,122848
19	0,109354	0,113660	0,117967	0,122273
20	0,108824	0,113115	0,117407	0,121698
21	0,108268	0,112545	0,116823	0,121100
22	0,107712	0,111975	0,116238	0,120501
23	0,107157	0,111405	0,115654	0,119903
24	0,106601	0,110835	0,115070	0,119304
25	0,106045	0,110265	0,114486	0,118706
26	0,105447	0,109653	0,113859	0,118065
27	0,104848	0,109040	0,113232	0,117424
28	0,104249	0,108427	0,112605	0,116783
29	0,103650	0,107814	0,111979	0,116143
30	0,103051	0,107202	0,111352	0,115502

Specifische Gewichte der Na.Cl-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

					Differenz.
5 Gewichtsthle.	Na Cl + 95	Gewichtsthle.	Wasser	1,03624	
					0,03711
10 „	Na Cl + 90	„	Wasser	1,07335	
					0,03811
15 „	Na Cl + 85	„	Wasser	1,11146	
					0,03961
20 „	Na Cl + 80	„	Wasser	1,15107	
					0,04121
25 „	Na Cl + 75	„	Wasser	1,19228	
Mutterlauge				1,20433 *)	

Die graphische Darstellung der Differenzen ergiebt für eine hypothetische 30procentige Lösung eine Differenz von 0,0432, und das hieraus abgeleitete specifische Gewicht würde mithin sein (1,19228 + 0,0432) = 1,23548.

Durch Interpolation nach der Formel $\frac{D'.d}{D} = d'$ und Subtraction des Werthes d' von dem grösseren specifischen Gewichte findet sich für die Mutterlauge von 1,20433 ein Procentgehalt von 26,395.

In eben erwähnter Formel ist:

D = Differenz der beiden gegebenen specifischen Gewichte, zwischen denen das specif. Gewicht für den zu suchenden Procentgehalt liegt,

D' = Differenz zwischen dem grössten specifischen Gewichte und dem mittleren gegebenen,

d = Differenz zwischen den beiden bekannten Procentgehalten,

d' = Differenz zwischen dem grössten Procentgehalte und dem zu suchenden x.

Sei a der grösste gegebene Procentgehalt, so ist $a - d' = x$.

Mit demselben Rechte lässt sich durch Umdrehung der Formel aus zwei gegebenen specifischen Gewichten bei bekanntem Procentgehalte der Lösungen, ein drittes, zwischen den beiden ersteren liegendes specifisches Gewicht für einen gewissen Procentgehalt berechnen. Die Formel würde bei Einhaltung derselben Werthe lauten: $\frac{d'.D}{d} = D'$. Sei A das grösste gegebene specifische Gewicht, so ist $A - D' = x$, d. i. das gesuchte specifische Gewicht.

So allgemein diese Berechnungsweise zu sein scheint, so ist doch ihre Anwendung streng genommen nicht zulässig, da die specifischen Gewichtsreihen in ihrer graphischen Darstellung keine geraden Linien, sondern Curven bilden. Ist der, durch diese Interpolationsmethode entstehende Fehler bei sehr nahe beisammenliegenden specifischen Gewichten auch ganz zu vernachlässigen, so kann er bei grösseren

*) Das, aus den directen Wägungen bei 28″ Barometerstand und 17°C. Zimmertemperatur abgeleitete specifische Gewicht der Mutterlauge von 15°C. wurde gefunden = 1,20457.

Zwischenräumen und sehr hohen specifischen Gewichten zu bedeutenden Irrthümern Veranlassung geben, und zwar werden dann, wenn bei gleichmässig wachsendem Procentgehalte der Lösung die Differenzen der specifischen Gewichte zunehmen, das interpolirte specifische Gewicht stets grösser, der interpolirte Procentgehalt aber kleiner gefunden, als sie der Wirklichkeit entsprechen.

Aus den gefundenen specifischen Gewichten ist beifolgende Tabelle für die Lösungen des Na.Cl berechnet worden.

Specifische Gewichte der Na.Cl-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00725	14	1,10384
2	1,01450	15	1,11146
3	1,02174	16	1,11938
4	1,02899	17	1,12730
5	1,03624	18	1,13523
6	1,04366	19	1,14315
7	1,05108	20	1,15107
8	1,05851	21	1,15931
9	1,06593	22	1,16755
10	1,07335	23	1,17580
11	1,08097	24	1,18404
12	1,08859	25	1,19228
13	1,09622	26	1,20098

26,395 = 1,20433

Das von mir benutzte Kochsalz wurde bereitet durch Lösen von käuflichem Salze, Fällen der schwefelsauren Salze mit Chlorbaryumlösung, Abfiltriren des Niederschlages und Kochen der filtrirten Lösung mit überschüssigem kohlensaurem Natron zur Ausscheidung der Talkerde, sowie des Kalkes und etwa überschüssig zugesetzten Barytsalzes. Nach dem Filtriren und späteren Saturiren mit reiner Chlorwasserstoffsäure wurde das Salz durch zweimaliges Umkrystallisiren vollkommen rein erhalten. Es wurde in einem hessischen Tiegel zur vollständigen Entwässerung geschmolzen.

Specifische Gewichte der K.Cl-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Es wurde chemisch reines decrepitirtes Chlorkalium in Anwendung gezogen.

Das Verhältniss des decrepitirten Salzes zu dem krystallisirten war
1 : 1,01506.

				Differenz.
Die	5procentige	Lösung	1,03250	
„	10 „	„	1,06580	0,03330
„	15 „	„	1,10036	0,03456
„	20 „	„	1,13608	0,03572
Mutterlauge	. . . .		1,17234	

Die graphische Aufzeichnung der Differenzen ergiebt für eine hypothetische 25procentige Lösung eine Differenz = 0,0370; specifisches Gewicht = 1,17308. Procentgehalt der Mutterlauge mithin 24,9.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00650	13	1,08654
2	1,01300	14	1,09345
3	1,01950	15	1,10036
4	1,02600	16	1,10750
5	1,03250	17	1,11465
6	1,03916	18	1,12179
7	1,04582	19	1,12894
8	1,05248	20	1,13608
9	1,05914	21	1,14348
10	1,06580	22	1,15088
11	1,07271	23	1,15828
12	1,07962	24	1,16568

24,9 Proc. = 1,17234.

Specifische Gewichte der Li.Cl.-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Es wurde schwach geglühtes, oder vollkommen entwässertes reines Chlorlithion angewendet.

				Differenz.
Die	10procentige	Lösung	1,0580	
„	20 „	„	1,1172	0,0592
„	30 „	„	1,1819	0,0647
„	40 „	„	1,2557	0,0738
Mutterlauge	. . . .		1,2827	

Für die Mutterlauge berechnet sich ein Procentgehalt von 43,2 Procent.

Specifische Gewichte der NH_4.Cl-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Das reine Salz war scharf getrocknet.

				Differenz.
Die 5procentige	Lösung		1,01580	
				0,01501
„ 10	„	„	1,03081	
				0,01443
„ 15	„	„	1,04524	
				0,01405
„ 20	„	„	1,05929	
				0,01375
„ 25	„	„	1,07304	
Mutterlauge	....		1,07658	

Die graphische Darstellung der Differenzen ergiebt zwischen der 25procentigen Lösung und der hypothetischen 30procentigen Lösung eine Differenz = 0,01365; specifisches Gewicht der 30procentigen Lösung = 1,08669. Hieraus findet sich durch Interpolation für die Mutterlauge ein Procentgehalt = 26,297.

Es ist bemerkenswerth, dass die Differenzen der specifischen Gewichte der Salmiaklösungen bei gleichmässig wachsendem Procentgehalte kleiner werden, während sie bei allen übrigen Salzlösungen zunehmen.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00316	14	1,04325
2	1,00632	15	1,04524
3	1,00948	16	1,04805
4	1,01264	17	1,05086
5	1,01580	18	1,05367
6	1,01880	19	1,05648
7	1,02180	20	1,05929
8	1,02481	21	1,06204
9	1,02781	22	1,06479
10	1,03081	23	1,06754
11	1,03370	24	1,07029
12	1,03658	25	1,07304
13	1,03947	26	1,07375

26,297 Proc. = 1,07658.

Specifische Gewichte der Mg.Cl-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Reine, sorgfältig ausgewaschene, kohlensaure Magnesia wurde in chemisch reiner Chlorwasserstoffsäure gelöst und das Salz durch Krystallisiren erhalten.

Eine aus dem krystallisirten Salze dargestellte, ziemlich concentrirte Lösung wurde auf ihren Procentgehalt an wasserfreiem Chlormagnesium untersucht und zur Herstellung einer 30-, 25-, 20-, 15-, 10- und 5procentigen Lösung benutzt.

			Differenz.
Die	5procentige Lösung	1,04222	
			0,04370
„	10 „ „	1,08592	
			0,04514
„	15 „ „	1,13106	
			0,04694
„	20 „ „	1,17800	
			0,04937
„	25 „ „	1,22737	
			0,05200
„	30 „ „	1,27937	
Mutterlauge	....	1,33406	

Aus der graphischen Darstellung ergiebt sich als Differenz zwischen der 30- und 35procentigen Lösung die Zahl 0,0546. Das specifische Gewicht der 35procentigen Lösung ist demnach 1,33397.

Für die Mutterlauge von 1,33406 specif. Gewicht berechnet sich ein Procentgehalt = 35,008.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle für die Mg.Cl-Lösungen.

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00844	19	1,16861
2	1,01689	20	1,17800
3	1,02533	21	1,18787
4	1,03378	22	1,19775
5	1,04222	23	1,20762
6	1,05096	24	1,21750
7	1,05970	25	1,22737
8	1,06844	26	1,23777
9	1,07718	27	1,24817
10	1,08592	28	1,25857
11	1,09495	29	1,26897
12	1,10398	30	1,27937
13	1,11300	31	1,29029
14	1,12203	32	1,30121
15	1,13106	33	1,31213
16	1,14045	34	1,32305
17	1,14984	35	1,33397
18	1,15922		

35,008 Proc. = 1,33406.

Specifische Gewichte der Ca.Cl-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Eine concentrirte Lösung von chemisch reinem Chlorcalcium, deren Procentgehalt genau durch die Analyse bestimmt worden war, diente zur Darstellung folgender Lösungen, wovon die specifischen Gewichte genommen wurden.

				Differenz.
Die	5procentige	Lösung	1,04259	
				0,04436
„	10 „	„	1,08695	
				0,04665
„	15 „	„	1,13360	
				0,04862
„	20 „	„	1,18222	
				0,05143
„	25 „	„	1,23365	
				0,05424
„	30 „	„	1,28789	
				0,05641
„	35 „	„	1,34430	
Mutterlauge		....	1,41104	

Es ergiebt sich zwischen der 35- und 40procentigen Lösung eine Differenz = 0,059. Das specifische Gewicht der 40procentigen Lösung ist demnach 1,40330.

Für die Mutterlauge von 1,41104 ist der Procentgehalt = 40,66.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00852	21	1,19251
2	1,01704	22	1,20279
3	1,02555	23	1,21308
4	1,03407	24	1,22336
5	1,04259	25	1,23365
6	1,05146	26	1,24450
7	1,06033	27	1,25535
8	1,06921	28	1,26619
9	1,07808	29	1,27704
10	1,08695	30	1,28789
11	1,09628	31	1,29917
12	1,10561	32	1,31045
13	1,11494	33	1,32174
14	1,12427	34	1,33302
15	1,13360	35	1,34430
16	1,14332	36	1,35610
17	1,15305	37	1,36790
18	1,16277	38	1,37970
19	1,17250	39	1,39150
20	1,18222	40	1,40330

40,66 Proc. = 1,41104.

Specifische Gewichte für die Ba.Cl-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Krystallisirtes Chlorbaryum (Ba.Cl + 2 aq.), anscheinend vollkommen trocken, zeigte nach schwachem Glühen (nicht Schmelzen) des Salzes das Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem krystallisirten Salze, wie

1 : 1,177575.

Mischungsgewichte nach *Berzelius* (dessen Lehrbuch 5. Auflage):

Ba Cl = 1298,57   Ba Cl + 2 aq. = 1523,53.

Verhältniss: 1 : 1,173236.

Mischungsgewichte nach *Pelouze* (*Berzelius'* Lehrb., Bd. III, S. 1231):

Ba Cl = 1301,14   Ba Cl + 2 aq. = 1526,10.

Verhältniss: 1 : 1,172894.

Das grössere Verhältniss, welches ich erhielt, mochte wohl in einem geringen Feuchtigkeitsgehalte des Salzes seinen Grund haben; von diesem Verhältnisse wurde daher bei der Darstellung der Lösungen ausgegangen.

		Differenz.
Die 5procentige Lösung	1,04584	
		0,04924
„ 10 „ „	1,09508	
		0,05338
„ 15 „ „	1,14846	
		0,05765
„ 20 „ „	1,20611	
		0,06406
„ 25 „ „	1,27017	
Mutterlauge	1,28267	

Hieraus berechnet sich für die Mutterlauge von 1,28267 ein Procentgehalt von 25,97.

Aus den gefundenen specifischen Gewichten ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00917	14	1,13778
2	1,01834	15	1,14846
3	1,02750	16	1,15999
4	1,03667	17	1,17152
5	1,04584	18	1,18305
6	1,05569	19	1,19458
7	1,06554	20	1,20611
8	1,07538	21	1,21892
9	1,08523	22	1,23173
10	1,09508	23	1,24455
11	1,10576	24	1,25736
12	1,11643	25	1,27017
13	1,12711		

25,97 Proc. = 1,28267.

Specifische Gewichte der Sr.Cl-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C = 1.

Das angewendete reine Salz zeigte das Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem krystallisirten wie:

1 : 1,68427.

Mischungsgewichte Sr Cl = 989,209; Sr Cl + 6 aq. = 1664,089 (*Berzelius'* Lehrbuch)

Verhältniss: 1 : 1,682242.

Nach dem gefundenen Verhältniss wurden die Lösungen aus dem krystallisirten Salze bereitet und ihr specifisches Gewicht bestimmt.

		Differenz.
Die 5procentige Lösung	1,04533	
		0,04754
„ 10 „ „	1,09287	
		0,05100
„ 15 „ „	1,14387	
		0,05503
„ 20 „ „	1,19890	
		0,05916
„ 25 „ „	1,25806	
		0,06393
„ 30 „ „	1,32199	
Mutterlauge	1,36847	

Als Differenz zwischen dem specifischen Gewichte der 30procentigen Lösung und der hypothetischen 35procentigen Lösung ergiebt sich die Zahl 0,0688. Das specifische Gewicht der 35procentigen Lösung würde mithin sein 1,39079. Hieraus findet sich für die Mutterlauge von 1,36847 specif. Gewicht ein Procentgehalt = 33,378.

Aus diesen specifischen Gewichten ergiebt sich durch Interpolation folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00907	18	1,17689
2	1,01813	19	1,18789
3	1,02720	20	1,19890
4	1,03626	21	1,21073
5	1,04533	22	1,22255
6	1,05484	23	1,23439
7	1,06435	24	1,24622
8	1,07385	25	1,25805
9	1,08336	26	1,27085
10	1,09287	27	1,28363
11	1,10307	28	1,29642
12	1,11327	29	1,30920
13	1,12347	30	1,32199
14	1,13367	31	1,33575
15	1,14387	32	1,34951
16	1,15488	33	1,36327
17	1,16588		

33,378 Proc. = 1,36847.

Specifische Gewichte der Al_2Cl_3-Lösungen bei 15°C. Wasser bei 15°C. = 1.

Eisenfreier Alaun wurde mit Ammoniak gefällt, lange und sorgfältig ausgewaschen und das gallertartige Thonerdehydrat in reiner Salzsäure gelöst.

Diese concentrirte Lösung gab durch die Analyse einen Procentgehalt von 38,30 zu erkennen. Sie wurde benutzt zur Darstellung folgender Lösungen, indem 1 Thl. derselben mit 9 Thln. Wasser, 2 Thle. mit 8 Thln. Wasser, 3 Thle. mit 7 Thln. Wasser u. s. w. verdünnt wurden.

Die	3,83	procentige	Lösung	1,02754
„	7,66	„	„	1,05545
„	11,49	„	„	1,08479
„	15,32	„	„	1,11501
„	19,15	„	„	1,14651
„	22,98	„	„	1,17889
„	26,81	„	„	1,21277
„	30,64	„	„	1,24809
„	34,47	„	„	1,28505
„	38,30	„	„	1,32412

Wurde die concentrirte Lösung weiter eingedampft, so fand eine theilweise Zersetzung des gelösten Aluminiumchlorids Statt. Es entwickelten sich Salzsäuredämpfe unter Ausscheidung eines unkrystallinischen Niederschlages (von Thonerdehydrat? oder eines basischen Salzes?). Beim Abkühlen der Lösung schied sich noch eine wenig krystallinische Salzmasse ab ($Al_2 . Cl_3 + 12$ aq.?); und die Flüssigkeit bei 15°C. gewogen zeigte ein specifisches Gewicht = 1,35359.

Durch Interpolation findet man folgende specifische Gewichte:

					Differenz.
Die	5	procentige	Lösung	1,036066	
					0,037309
„	10	„	„	1,073375	
					0,039110
„	15	„	„	1,112485	
					0,041210
„	20	„	„	1,153696	
					0,043063
„	25	„	„	1,196759	
					0,045429
„	30	„	„	1,242188	
					0,048268
„	35	„	„	1,290456	

Die Differenz zwischen der 35procentigen und der 40procentigen Lösung ist demnach = 0,051 und das specifische Gewicht der 40procentigen Lösung 1,34146. Für die Mutterlauge von 1,35359 specif. Gewicht ergiebt sich ein Procentgehalt von 41,126.

Durch Aufsuchung der Mittelglieder erhält man folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00721	22	1,17092
2	1,01443	23	1,17953
3	1,02164	24	1,18815
4	1,02885	25	1,19676
5	1,03606	26	1,20584
6	1,04353	27	1,21493
7	1,05099	28	1,22406
8	1,05845	29	1,23310
9	1,06591	30	1,24219
10	1,07337	31	1,25184
11	1,08120	32	1,26149
12	1,08902	33	1,27115
13	1,09684	34	1,28080
14	1,10466	35	1,29046
15	1,11248	36	1,30066
16	1,12073	37	1,31086
17	1,12897	38	1,32106
18	1,13721	39	1,33126
19	1,14545	40	1,34146
20	1,15370	41	1,35224
21	1,16231		

41,126 Proc. = 1,35359.

Specifische Gewichte der $NaO.CO_2$-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Nicht verwittertes, aber anscheinend vollkommen lufttrockenes krystallisirtes kohlensaures Natron ($NaO.CO_2 + 10 aq.$) zeigte nach schwachem Glühen das Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem krystallisirten wie:

1 : 2,7330.

Nach den Mischungsgewichten (*Marchand*'s Tafeln im Journ. f. prakt. Chem., Bd. XXXIX, 7. 8.) würde es sein:

1 : 2,69888.

Nach den Mischungsgewichten von *Berzelius* (dessen Lehrbuch, 5. Auflage):

1 : 2,6924.

Der etwas grössere Wassergehalt, welchen ich fand, mochte mithin von mechanisch eingeschlossenem Wasser herrühren.

Nach obigem Verhältnisse dargestellte Lösungen zeigten folgende specifische Gewichte.

					Differenz.
Die	2procentige	Lösung	1,02101		
					0,02100
„	4	„	„	1,04201	
					0,02108
„	6	„	„	1,06309	
					0,02121
„	8	„	„	1,08430	
					0,02141
„	10	„	„	1,10571	
					0,02169
„	12	„	„	1,12740	
					0,02210
„	14	„	„	1,14950	
Mutterlauge				1,15350	

Die Differenz zwischen der 14procentigen und der hypothetischen 16procentigen Lösung ist mithin 0,0226 und das specifische Gewicht der 16procentigen Lösung = 1,17210. Für die Mutterlauge von 1,15350 specif. Gewicht ergiebt sich mithin ein Procentgehalt von 14,354.

Durch Interpolation findet man folgende specifische Gewichte:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,01050	8	1,08430
2	1,02101	9	1,09500
3	0,03151	10	1,10571
4	1,04201	11	1,11655
5	1,05255	12	1,12740
6	1,06309	13	1,13845
7	1,07369	14	1,14950

14,354 Proc. = 1,15350.

Specifische Gewichte der $KO.CO_2$-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Sehr reines kohlensaures Kali (aus Weinstein bereitet), was zur Trockne abgedampft worden war, zeigte noch nach schwachem Glühen des Salzes ein Verhältniss des vollkommen entwässerten Salzes zu dem angewendeten wie:

1 : 1,01394.

Die specifischen Gewichte der Lösungen, welche nach diesem Verhältnisse dargestellt worden waren, waren folgende:

				Differenz.
Die	5procentige	Lösung	1,04572	0,04706
„	10 „	„	1,09278	0,04901
„	15 „	„	1,14179	0,05107
„	20 „	„	1,19286	0,05289
„	25 „	„	1,24575	0,05530
„	30 „	„	1,30105	0,05780
„	35 „	„	1,35885	0,05985
„	40 „	„	1,41870	0,06171
„	45 „	„	1,48041	0,06367
„	50 „	„	1,54408	
Mutterlauge			1,57079	

Als Differenz zwischen der 50procentigen und der hypothetischen 55procentigen Lösung ergiebt sich die Zahl 0,066. Das specifische Gewicht der 55procentigen Lösung würde mithin sein 1,61008. Für die Mutterlauge von 1,57079 specif. Gewicht berechnet sich also ein Procentgehalt von 52,024.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00914	27	1,26787
2	1,01829	28	1,27893
3	1,02743	29	1,28999
4	1,03658	30	1,30105
5	1,04572	31	1,31261
6	1,05513	32	1,32417
7	1,06454	33	1,33573
8	1,07396	34	1,34729
9	1,08337	35	1,35885
10	1,09278	36	1,37082
11	1,10258	37	1,38279
12	1,11238	38	1,39476
13	1,12219	39	1,40673
14	1,13199	40	1,41870
15	1,14179	41	1,43104
16	1,15200	42	1,44338
17	1,16222	43	1,45573
18	1,17243	44	1,46807
19	1,18265	45	1,48041
20	1,19286	46	1,49314
21	1,20344	47	1,50588
22	1,21402	48	1,51861
23	1,22459	49	1,53135
24	1,23517	50	1,54408
25	1,24575	51	1,55728
26	1,25681	52	1,57048

52,024 Proc. = 1,57079.

Specifische Gewichte der $NaO.SO_3$-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Reines krystallisirtes Salz ($NaO.SO_3 + 10$ aq.) zeigte nach vollkommenem Entwässern und schwachem Glühen ein Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem krystallisirten, wie

1 : 2,2700.

Die Mischungsgewichte nach *Marchand's* Tafeln sind:

$NaO.SO_3 = 887,2$. $NaO.SO_3 + 10$ aq. $= 2012,2$.
Verhältniss: 1 : 2,26803.

Nach *Berzelius* Lehrbuch sind die Mischungsgewichte:

$NaO.SO_3 = 889,729$. $NaO.SO_3 + 10$ aq. $= 2014,529$.
Verhältniss: 1 : 2,26420.

Es wurden nach dem gefundenen Verhältnisse die Lösungen dargestellt und ihr specifisches Gewicht ermittelt.

					Differenz.
Die	2procentige	Lösung	1,01822		
„	4	„	„	1,03650	0,01828
„	6	„	„	1,05500	0,01850
„	8	„	„	1,07375	0,01875
„	10	„	„	1,09275	0,01900
„	12	„	„	1,11217	0,01942
Mutterlauge				1,11170	

Für die Mutterlauge von 1,11170 specif. Gewicht findet sich durch Interpolation ein Procentgehalt von 11,952.

Bei der Neigung des schwefelsauren Natrons, übersättigte Salzlösungen zu bilden, darf es nicht auffallen, dass eine 12procentige Lösung bei ruhigem Erkalten nicht Krystalle absetzte und dass sogar das specifische Gewicht derselben genommen werden konnte, während eine noch concentrirtere Lösung beim Schütteln, während des Erkaltens, eine Mutterlauge von geringerem specifischen Gewichte und geringerem Procentgehalte lieferte.

Aus den durch den Versuch ermittelten specifischen Gewichten findet sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00911	7	1,06437
2	1,01822	8	1,07375
3	1,02736	9	1,08325
4	1,03650	10	1,09275
5	1,04575	11	1,10246
6	1,05500		

11,952 Proc. = 1,11170.

Specifische Gewichte der $KO.SO_3$-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

		Differenz.
Die 1procentige Lösung	1,00820	
		0,01630
„ 3 „ „	1,02450	
		0,01655
„ 5 „ „	1,04105	
		0,01685
„ 7 „ „	1,05790	
		0,01709
„ 9 „ „	1,07499	
Mutterlauge	1,08305	

Die graphische Aufzeichnung der Differenzen ergiebt zwischen der 9procentigen und der hypothetischen 11procentigen Lösung eine Differenz = 0,01735. Das specifische Gewicht letzterer Lösung würde also sein 1,09234. Hieraus berechnet sich für die Mutterlauge von 1,08305 ein Procentgehalt von 9,92.

Durch Interpolation findet man folgende specifische Gewichte:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00820	6	1,04947
2	1,01635	7	1,05790
3	1,02450	8	1,06644
4	1,03277	9	1,07499
5	1,04105		

9,92 Proc. = 1,08305.

Specifische Gewichte der $MgO.SO_3$-Lösungen bei 15°C.
Wasser von 15°C. = 1.

Vollkommen trockenes, aber nicht verwittertes krystallisirtes Salz zeigte nach dem Glühen ein Verhältniss des wasserfreien Salzes zu dem krystallisirten wie:

1 : 2,04256.

Nach *Marchand's* Tafeln ergiebt sich folgendes Verhältniss:

Mischungsgewicht von $MgO.SO_3$ = 750,9.
Mischungsgewicht von $MgO.SO_3 + 7$ aq. = 1538,4.
1 : 2,04874.

Nach den Mischungsgewichten von *Berzelius* aber:

$MgO.SO_3$ = 758,89. $MgO.SO_3 + 7$ aq. = 1546,25.
1 : 2,037516.

Nach dem durch den Versuch ermittelten Verhältnisse wurden folgende Lösungen dargestellt und ihr specifisches Gewicht genommen.

				Differenz.
Die	5procentige	Lösung	1,05154	
				0,05375
„	10 „	„	1,10529	
				0,05693
„	15 „	„	1,16222	
				0,05990
„	20 „	„	1,22212	
				0,06266
„	25 „	„	1,28478	
Mutterlauge			1,28802.	

Für die Mutterlauge ergiebt sich ein Procentgehalt von

25,248.

Bei der Berechnung der folgenden Tabelle hat auch der Procentgehalt an krystallisirtem Salze Berücksichtigung gefunden. Es liegen diesen Verhältnissen diejenigen Mischungsgewichte zu Grunde, welche *Marchand* in seinen Tafeln angeführt hat.

Procente an wasserfreier $MgO.SO_3$.	Procente an krystallisirter $MgO.SO_3 + 7$ aq.	Specif. Gew.	Procente an wasserfreier $MgO.SO_3$.	Procente an krystallisirter $MgO.SO_3 + 7$ aq.	Specif. Gew.
1	2,049	1,01031	14	28,682	1,15083
2	4,097	1,02062	15	30,731	1,16222
3	6,146	1,03092	16	32,780	1,17420
4	8,195	1,04123	17	34,828	1,18618
5	10,244	1,05154	18	36,877	1,19816
6	12,292	1,06229	19	38,926	1,21014
7	14,341	1,07304	20	40,975	1,22212
8	16,390	1,08379	21	43,023	1,23465
9	18,439	1,09454	22	45,072	1,24718
10	20,487	1,10529	23	47,121	1,25972
11	22,536	1,11668	24	49,170	1,27225
12	24,585	1,12806	25	51,218	1,28478
13	26,634	1,13945			

25,248 Proc. $MgO.SO_3$ = 51,726 Proc. $MgO.SO_3 + 7$ aq.
Specif. Gewicht = 1,28802.

Specifische Gewichte der $KO.NO_5$-Lösungen bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Das lufttrockene, klein krystallisirte Salz zeigte nach dem Schmelzen (welches nicht bis zum Glühen des Platintiegels fortgesetzt wurde) ein Verhältniss des geschmolzenen Salzes zu dem krystallisirten wie:

1 : 1,002268.

Nach diesem Verhältnisse wurden die Lösungen dargestellt.

		Differenz.
Die 5procentige Lösung	1,03207	
		0,03317
„ 10 „ „	1,06524	
		0,03453
„ 15 „ „	1,09977	
		0,03622
„ 20 „ „	1,13599	
Mutterlauge	1,14417	

Die Differenz zwischen der 20procentigen und hypothetischen 25procentigen Lösung würde sein 0,0381 und das specifische Gewicht der letzteren Lösung = 1,17409.

Der Procentgehalt der Lösung von 1,14417 specif. Gewicht ist demnach 21,074.

Durch Interpolation ergiebt sich folgende Tabelle:

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,00641	12	1,07905
2	1,01283	13	1,08596
3	1,01924	14	1,09286
4	1,02566	15	1,09977
5	1,03207	16	1,10701
6	1,03870	17	1,11426
7	1,04534	18	1,12150
8	1,05197	19	1,12875
9	1,05861	20	1,13599
10	1,06524	21	1,14361
11	1,07215		

21,074 Proc. = 1,14417.

Ausser für die hier angeführten Salzlösungen bestimmte ich noch die specifischen Gewichte für die Lösungen der krystallisirten Weinsäure und der krystallisirten Citronensäure.

Krystallisirte Weinsäure.

Die Weinsäure ist, nach *Liebig*, eine zweibasische Säure, zusammengesetzt nach der Formel:

$$C^8H^4O^{10} + 2HO.$$

Bei Zugrundelegung der *Berzelius'*schen Mischungsgewichte hat dann die krystallisirte Weinsäure das Mischungsgewicht 1875,84,
die wasserfreie „ „ „ „ 1650,88.

Es lässt sich hiernach leicht aus dem Procentgehalte der Lösung an krystallisirter Säure der Procentgehalt an wasserfreier Säure entnehmen.

Die Säure war durch Umkrystallisiren gereinigt und lufttrocken in Anwendung gebracht worden.

		Differenz.
Die 10procentige Lösung	1,04692	
		0,05001
„ 20 „ „	1,09693	
		0,05354
„ 30 „ „	1,15047	
		0,05738
„ 40 „ „	1,20785	
		0,06177
„ 50 „ „	1,26962	
Mutterlauge	1,32200	

Für die Mutterlauge ergiebt sich ein Procentgehalt an krystallisirter Säure = 57,9.

Da die Intervalle von 10 zu 10 Proc. zu gross sind, um noch die Interpolation für die specifischen Gewichte nach der, Seite 8, erwähnten Formel zulässig erscheinen zu lassen, wurden die Mittelglieder durch graphische Interpolation aufgesucht.

Specifische Gewichte der Lösungen aus krystallisirter Weinsäure in Wasser bei 15°C. — Wasser von 15°C. = 1.

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,0045	30	1,15047
2	1,0090	31	1,1560
3	1,0136	32	1,1615
4	1,0179	33	1,1670
5	1,0224	34	1,1726
6	1,0273	35	1,1781
7	1,0322	36	1,1840
8	1,0371	37	1,1900
9	1,0420	38	1,1959
10	1,04692	39	1,2019
11	1,0517	40	1,20785
12	1,0565	41	1,2138
13	1,0613	42	1,2198
14	1,0661	43	1,2259
15	1,0709	44	1,2317
16	1,0761	45	1,2377
17	1,0813	46	1,2441
18	1,0865	47	1,2504
19	1,0917	48	1,2568
20	1,09693	49	1,2632
21	1,1020	50	1,26962
22	1,1072	51	1,2762
23	1,1124	52	1,2828
24	1,1175	53	1,2894
25	1,1227	54	1,2961
26	1,1282	55	1,3027
27	1,1338	56	1,3093
28	1,1393	57	1,3159
29	1,1449		

57,9 Proc. = 1,3220.

Krystallisirte Citronensäure.

Die Citronensäure ist, nach *Liebig*, eine dreibasische Säure und die krystallisirte Säure hat die Formel:

$$(C^{12}H^{5}O^{11} + 3HO) + 2 \text{ aq.}$$

Nach den Mischungsgewichten von *Berzelius* sind demnach die Aequivalente:

$C^{12}H^{5}O^{11}$	2063,84
$C^{12}H^{5}O^{11} + 3\,HO$	2288,80
$(C^{12}H^{5}O^{11} + 3\,HO) + 2$ aq.	2626,24.

Berzelius giebt folgende Atomenzahlen an:

Wasserfreie Citronensäure $= \bar{C}i = (C_4 H_4 O_4)$*) $=$ 725,44.
Krystallisirte Citronensäure $= 3\,\bar{C}i + 4\,HO$ $=$ 2626,4.

Bei der Darstellung der Lösungen wurden die Krystalle, welche eine schwache Verwitterung zeigten, ausgelesen und entfernt.

		Differenz.
Die 10procentige Lösung	1,03916	
		0,04136
„ 20 „ „	1,08052	
		0,04387
„ 30 „ „	1,12439	
		0,04654
„ 40 „ „	1,17093	
		0,04948
„ 50 „ „	1,22041	
		0,05341
„ 60 „ „	1,27382	
Mutterlauge	1,30763 **)	

Für die Mutterlauge ergiebt sich ein Procentgehalt an krystallisirter Säure = 66,1.

Bei Aufsuchung der Mittelglieder wurde auch hier die graphische Interpolation in Anwendung gebracht.

---

*) Bei Annahme der einfachen Atomenzahl des Wasserstoffs lautet die Formel $C_4\,H_2\,O_4$.

**) Die Citronensäure zeigt ein auffallendes Bestreben, übersättigte Lösungen zu bilden, es kann daher unter Umständen die bis zu 15° C. erkaltete Lösung ein noch höheres specifisches Gewicht zeigen; indess setzen sich alsdann aus dieser Lösung noch bei längerem Stehen Krystalle ab.

Specifische Gewichte der Lösungen aus krystallisirter Citronensäure in Wasser bei 15°C. Wasser von 15°C. = 1.

Procente.	Specif. Gew.	Procente.	Specif. Gew.
1	1,0037	34	1,1422
2	1,0074	35	1,1467
3	1,0111	36	1,1515
4	1,0149	37	1,1564
5	1,0186	38	1,1612
6	1,0227	39	1,1661
7	1,0268	40	1,17093
8	1,0309	41	1,1756
9	1,0350	42	1,1814
10	1,03916	43	1,1851
11	1,0431	44	1,1899
12	1,0470	45	1,1947
13	1,0509	46	1,1998
14	1,0549	47	1,2050
15	1,0588	48	1,2103
16	1,0632	49	1,2153
17	1,0675	50	1,22041
18	1,0718	51	1,2257
19	1,0762	52	1,2307
20	1,08052	53	1,2359
21	1,0848	54	1,2410
22	1,0889	55	1,2462
23	1,0930	56	1,2514
24	1,0972	57	1,2572
25	1,1014	58	1,2627
26	1,1060	59	1,2683
27	1,1106	60	1,27382
28	1,1152	61	1,2794
29	1,1198	62	1,2849
30	1,12439	63	1,2904
31	1,1288	64	1,2960
32	1,1338	65	1,3015
33	1,1378	66	1,3071

66,1 Proc. = 1,30763.

Versuche zur Ermittelung der Gesetzmässigkeiten, welche der Aenderung des Volumens beim Verdünnen von Lösungen und beim Lösen von Salzen zu Grunde liegen.

Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, welche man beim Vermischen von Flüssigkeiten wahrnimmt, dass jederzeit beim Acte der Lösung eine Modification des Volumens stattfindet. Bei Weitem in den meisten Fällen tritt Verdichtung ein, bei nur wenigen ist Ausdehnung nachweisbar.*) In dieser Volumveränderung liegt der Grund, weshalb fast nie**) das specifische Gewicht einer gemischten Flüssigkeit dem Mittel der specifischen Gewichte ihrer Bestandtheile entspricht. Der einzige Fall, wo man unter allen Verhältnissen bis jetzt eine Volumveränderung läugnete***), bezieht sich auf die Mischungen von Ammoniakliquor mit Wasser. Diese Ansicht hat in specifischen Gewichts-Angaben des Ammoniakliquors bei verschiedenen Concentrationsgraden von *Davy* ihren Ursprung; indess haben mich die Berechnungen der Angaben anderer Physiker, sowie eigene Versuche überzeugt, dass auch hier eine Volumveränderung bestimmt nachweisbar ist.

Nach den arithmetischen Regeln müsste das specifische Gewicht einer gemischten Flüssigkeit sich berechnen lassen nach der Formel:

$$\frac{S}{\frac{a}{s} + \frac{b}{s'}}$$

---

*) Weingeist von 30 Volumprocenten Alkoholgehalt, und jeder an Alkohol ärmere Weingeist zeigt mit Wasser in jedem Verhältnisse gemischt, Ausdehnung (Physikalische Beiträge von *Kopp*, Thl. I, S. 154).

Ammoniakliquor von 0,9 und höherem specifischen Gewichte zeigt ebenfalls mit Wasser in jedem Verhältnisse gemischt, Ausdehnung.

**) Sehr vereinzelte Fälle kommen nur dann vor, wenn die Modificationscurve der mittleren Volumina eine Curve zweiter Ordnung ist; in diesen seltenen Fällen durchschneidet die gerade Linie der mittleren hypothetischen Volumina die Curve der mittleren Volumina in irgend einem Punkte, wo keine Volumveränderung stattfindet.

***) U. a. physikalische Beiträge von *Kopp*, Thl. I, S. 196 u. 103.

In dieser Formel entspricht:

S der Summe der Gewichtstheile beider Flüssigkeiten,
a dem Gewichtstheile der einen Flüssigkeit,
b dem Gewichtstheile der anderen Flüssigkeit,
s dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit a,
s' dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit b.

Die so berechneten specifischen Gewichte sind in den folgenden Blättern mit den wirklich gefundenen specifischen Gewichten verglichen worden, um aus dem Verhältnisse beider Zahlen zu einander einen Schluss auf die Grösse der stattgehabten Volumveränderung ziehen zu können. Die nach obiger Formel berechneten specifischen Gewichte sind mit dem Ausdrucke der „mittleren hypothetischen specifischen Gewichte" bezeichnet worden.

Das Volumen, welches die verdünnten Lösungen nach dem Mischen einer concentrirten Lösung mit Wasser einnehmen, wurde berechnet durch Division des wirklich gefundenen specifischen Gewichtes in das berechnete mittlere hypothetische. Da die Volumina sich umgekehrt verhalten wie die specifischen Gewichte, so werden die so erhaltenen Quotienten die Volumina nach dem Mischen angeben, wenn das Volumen vor dem Mischen (d. i. das mittlere hypothetische Volumen) als Einheit genommen wird.

Sowohl bei der Berechnung der mittleren hypothetischen specifischen Gewichte, als auch bei der Berechnung der Volumina, welche die Lösungen nach dem Mischen einnehmen, wurde jederzeit von der möglichst concentrirten Lösung einerseits, und vom reinen Wasser andererseits ausgegangen.

Ich habe mich nicht begnügt, die von mir untersuchten Lösungen dieser Berechnung zu unterziehen, sondern habe auch noch andere specifische Gewichts-Angaben in den Kreis dieser Betrachtungen gezogen.

Es wurden hierbei benutzt die von *Kremers* mit grosser Genauigkeit und Sorgfalt bestimmten specifischen Gewichte einiger Salzlösungen*); ferner die Angaben *Meissner*'s**) über die specifischen Gewichte der Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und der Ammoniakflüssigkeit; die Angaben von *Ure* und *Bineau* über die specifischen Gewichte der Schwefelsäure, sowie die specifischen Gewichts-Bestimmungen des Amoniakliquors von *Ure*, und endlich die specifischen Gewichte der Zuckerlösung von *Balling*, welche *Brix* durch Rechnung noch genauer bestimmte.

---

*) *Poggendorff*'s Annalen der Physik und Chemie, Bd. XCVI, S. 62.
**) *Meissner*'s Aräometrie. Wien 1826.

Tabelle I.

Formel.	A. Procent-gehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 15° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
Na . Cl	26,395	1,20433	1,20433	1
	25	1,19228	1,19146	0,99932
	20	1,15107	1,14752	0,99692
	15	1,11146	1,10670	0,99572
	10	1,07335	1,06869	0,99566
	5	1,03624	1,03321	0,99707
	0	1	1	1
K . Cl	24,9	1,17234	1,17234	1
	20	1,13608	1,13389	0,99807
	15	1,10036	1,09716	0,99709
	10	1,06580	1,06274	0,99713
	5	1,03250	1,03042	0,99798
	0	1	1	1
NH_4 . Cl	26,297	1,07658	1,07658	1
	25	1,07304	1,07253	0,99952
	20	1,05929	1,05719	0,99802
	15	1,04524	1,04229	0,99717
	10	1,03081	1,02780	0,99708
	5	1,01580	1,01371	0,99794
	0	1	1	1
Mg . Cl	35,008	1,33406	1,33406	1
	30	1,27937	1,27322	0,99540
	25	1,22737	1,21777	0,99217
	20	1,17800	1,16692	0,99059
	15	1,13106	1,12019	0,99039
	10	1,08592	1,07704	0,99182
	5	1,04222	1,03709	0,99508
	0	1	1	1

Formel.	A. Procentgehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 15° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
Ca . Cl	40,656	1,41104	1,41104	1
	35	1,34430	1,33469	0,99285
	30	1,28789	1,27380	0,98906
	25	1,23365	1,21821	0,98749
	20	1,18222	1,16727	0,98735
	15	1,13360	1,12042	0,98837
	10	1,08695	1,07718	0,99101
	5	1,04259	1,03716	0,99479
	0	1	1	1
Ba . Cl	25,97	1,28267	1,28267	1
	20	1,20611	1,20441	0,99858
	15	1,14846	1,14585	0,99773
	10	1,09508	1,09273	0,99785
	5	1,04584	1,04431	0,99853
	0	1	1	1
Sr . Cl	33,378	1,36847	1,36847	1
	30	1,32199	1,31928	0,99795
	25	1,25806	1,25262	0,99568
	20	1,19890	1,19238	0,99452
	15	1,14387	1,13766	0,99458
	10	1,09287	1,08775	0,99532
	5	1,04533	1,04203	0,99684
	0	1	1	1
$Al_2 . Cl_3$	41,126	1,35359	1,35359	1
	40	1,34146	1,34061	0,99936
	30	1,24218	1,23541	0,99454
	25	1,19676	1,18877	0,99332
	20	1,15369	1,14552	0,99291
	10	1,07337	1,06785	0,99485
	0	1	1	1
$NaO . CO_2$	14,357	1,15350	1,15350	1
	14	1,14950	1,14911	0,99966
	12	1,12740	1,12514	0,99799
	10	1,10571	1,10215	0,99678
	8	1,08430	1,08008	0,99611
	6	1,06309	1,05888	0,99604
	4	1,04201	1,03850	0,99663
	2	1,02101	1,01888	0,99792
	0	1	1	1

Formel.	A. Procent-gehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 15° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
$KO . CO_2$	52,024	1,57079	1,57079	1
	50	1,54408	1,53668	0,99520
	40	1,41870	1,38772	0,97816
	35	1,35885	1,32358	0,97407
	30	1,30105	1,26509	0,97271
	25	1,24575	1,21157	0,97256
	20	1,19286	1,16238	0,97445
	10	1,09278	1,07509	0,98382
	0	1	1	1
$NaO . SO_3$	11,952	1,11170	1,11170	1
	10	1,09275	1,09179	0,99912
	8	1,07378	1,07210	0,99846
	6	1,05500	1,05312	0,99822
	4	1,03650	1,03479	0,99836
	2	1,01822	1,01710	0,99890
	0	1	1	1
$KO . SO_3$	9,92	1,08305	1,08305	1
	9	1,07499	1,07477	0,99980
	7	1,05776	1,05720	0,99967
	5	1,04091	1,04020	0,99966
	3	1,02447	1,02374	0,99977
	1	1,00860	1,00779	0,99983
	0	1	1	1
$MgO . SO_3$	25,248	1,28802	1,28802	1
	20	1,22212	1,21526	0,99439
	15	1,16222	1,15320	0,99224
	10	1,10529	1,09717	0,99256
	5	1,05154	1,04634	0,99505
	0	1	1	1
$KO . NO_5$	21,074	1,14417	1,14417	1
	20	1,13599	1,13582	0,99986
	15	1,09977	1,09853	0,99886
	10	1,06524	1,06359	0,99845
	5	1,03207	1,03082	0,99879
	0	1	1	1

Formel.	In 100 Gew.-Thln. Wassers gelöste Salzmenge.	A. Procentgehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 19,5° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
K.Cl †*)	33,57	25,133	1,1718	1,1718	1
	27,08	21,309	1,1435	1,1420	0,9986
	19,43	16,269	1,1074	1,1049	0,9977
	12,70	11,269	1,0732	1,0703	0,9975
	6,36	5,979	1,0382	1,0361	0,9980
		0	1	1	1
K.Br †	65,29	39,500	1,3613	1,3613	1
	51,70	34,080	1,2992	1,2970	0,9983
	36,37	26,670	1,2219	1,2183	0,9971
	23,48	19,015	1,1503	1,1464	0,9966
	11,22	10,088	1,0754	1,0727	0,9975
		0	1	1	1
K.J †	143,88	58,996	1,7096	1,7096	1
	112,11	52,855	1,5953	1,5920	0,99796
	77,08	43,528	1,4474	1,4414	0,99587
	46,17	31,586	1,2913	1,2857	0,99567
	22,06	18,073	1,1492	1,1457	0,99693
		0	1	1	1
Na.Cl †	36,11	26,530	1,2034	1,2034	1
	29,25	22,631	1,1710	1,1684	0,9978
	21,26	17,533	1,1301	1,1257	0,9961
	13,98	12,265	1,0894	1,0848	0,9957
	6,84	6,402	1,0459	1,0425	0,9968
		0	1	1	1
Na.Br †	88,61	46,981	1,5130	1,5130	1
	71,36	41,643	1,4337	1,4297	0,9972
	49,44	33,083	1,3202	1,3136	0,9951
	31,74	24,093	1,2172	1,2105	0,9945
	15,08	13,104	1,1092	1,1045	0,9957
		0	1	1	1

*) Die specifischen Gewichte der mit dem Zeichen † versehenen Salzlösungen, sind sämmtlich Angaben von *Kremers*. Da *Kremers* die specifischen Gewichte bei 19,5° C. ermittelte (Wasser von 19,5° als Einheit), so müssen selbstverständlich, bei gleichem Procentgehalte derselben Lösung, die von *Kremers* angegebenen specifischen Gewichte etwas kleiner sein, als die von mir bei 15° C. gefundenen.

Formel.	In 100 Gew.-Thln. Wassers gelöste Salzmenge.	A. Procentgehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 19,5° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
$KO.SO^3$†	12,29	10,945	1,0908	1,0908	1
	10,21	9,264	1,0762	1,0758	0,9996
	7,49	6,968	1,0567	1,0560	0,9993
	4,98	4,744	1,0384	1,0375	0,9991
	2,46	2,401	1,0192	1,0186	0,9996
		0	1	1	1
$NaO.SO^3$†	14,25	12,473	1,1161	1,1161	1
	11,78	10,538	1,0976	1,0964	0,9988
	8,69	7,995	1,0732	1,0715	0,9984
	5,92	5,589	1,0508	1,0488	0,9981
	2,98	2,894	1,0262	1,0247	0,9986
		0	1	1	1
$KO.CrO^3$†	73,64	42,409	1,4251	1,4251	1
	51,18	33,854	1,3219	1,3126	0,9929
	36,91	26,959	1,2460	1,2340	0,9904
	23,60	19,094	1,1667	1,1551	0,9901
	11,84	10,566	1,0885	1,0803	0,9925
		0	1	1	1
$KO.NO^5$†	27,37	21,488	1,1455	1,1455	1
	21,90	17,965	1,1197	1,1188	0,9992
	16,34	14,044	1,0919	1,0906	0,9987
	10,64	9,618	1,0617	1,0603	0,9987
	5,12	4,871	1,0307	1,0297	0,9990
		0	1	1	1
$NaO.NO^5$†	86,05	46,251	1,3804	1,3804	1
	66,28	39,860	1,3172	1,3115	0,9957
	47,03	31,987	1,2447	1,2355	0,9926
	29,41	22,726	1,1665	1,1566	0,9915
	13,71	12,057	1,0843	1,0774	0,9936
		0	1	1	1
$NaO.ClO^5$†	56,90	36,265	1,2933	1,2933	1
	46,03	31,521	1,2476	1,2455	0,9983
	32,18	24,345	1,1834	1,1796	0,9968
	20,82	17,232	1,1248	1,1208	0,9964
	9,90	9,008	1,0625	1,0597	0,9974
		0	1	1	1

Formel.	In 100 Gew.-Thln. Wassers gelöste Salzmenge.	A. Procentgehalt der Lösung.	B. Gefundenes specif. Gew. bei 19,5° C.	C. Mittleres hypothetisches specif. Gew.	D. Volumen nach dem Mischen.
$SrO.NO^5+$	63,48	38,830	1,4062	1,4062	1
	59,51	37,308	1,3857	1,3842	0,9989
	56,90	36,265	1,3701	1,3694	0,9995
	47,92	32,396	1,3218	1,3175	0,9968
	42,79	29,967	1,2924	1,2869	0,9957
	28,21	22,003	1,2025	1,1957	0,9944
	14,54	12,694	1,1095	1,1043	0,9953
	12,20	10,873	1,0929	1,0880	0,9955
	5,48	5,195	1,0427	1,0402	0,9976
		0	1	1	1
$BaO.NO^5+$	9,01	8,265	1,0707	1,0707	1
	7,48	6,959	1,0593	1,0589	0,9996
	5,47	5,186	1,0436	1,0433	0,9996
	3,63	3,503	1,0292	1,0288	0,9996
	1,80	1,768	1,0145	1,0144	0,9998
		0	1	1	1
$PbO.NO^5+$	59,02	37,115	1,4490	1,4490	1
	47,78	32,332	1,3712	1,3698	0,9989
	34,72	25,772	1,2772	1,2742	0,9976
	22,64	18,460	1,1854	1,1822	0,9973
	11,10	9,991	1,0933	1,0910	0,9979
		0	1	1	1

Schwefelsäure.

Ueber die specifische Gewichtsabnahme der Schwefelsäure beim Verdünnen derselben mit Wasser lieferte *Meissner* (*Meissner*'s Aräometrie, Bd. II, S. 19) zwei Tabellen, indem er Schwefelsäure aus Vitriol bereitet, und Schwefelsäure aus Schwefel dargestellt, mit Wasser verdünnte und die specifischen Gewichte der Lösungen ermittelte. *Meissner* bestimmte nicht den Procentgehalt der Flüssigkeiten an Säure, sondern ging bei beiden Schwefelsäuren vom specifischen Gewicht 1,842 aus.

Schwefelsäure aus Vitriol.

Mischungen von Schwefelsäure und Wasser. Schwefelsäure. Spec. Gew. 1,842.	Wasser.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
Gewichtsth. 100	0	1,842	1,842	1
95	5	1,833	1,76758	0,964312
90	10	1,815	1,69892	0,936043
80	20	1,722	1,57651	0,915302
70	30	1,607	1,47054	0,915086
60	40	1,496	1,37792	0,921068
50	50	1,393	1,29627	0,930560
40	60	1,303	1,22376	0,939185
30	70	1,220	1,15892	0,949937
20	80	1,141	1,10062	0,964611
10	90	1,068	1,04790	0,981180
0	100	1	1	1

Schwefelsäure aus Schwefel.

Mischungen von Schwefelsäure und Wasser. Schwefelsäure. Spec. Gew. 1,842.	Wasser.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
Gewichtsth. 100	0	1,842	1,842	1
95	5	1,822	1,76758	0,970134
90	10	1,794	1,69892	0,94700
80	20	1,694	1,57651	0,930646
70	30	1,581	1,47054	0,930135
60	40	1,476	1,37792	0,933548
50	50	1,380	1,29627	0,939326
40	60	1,293	1,22376	0,946450
30	70	1,213	1,15892	0,955418
20	80	1,136	1,10062	0,968879
10	90	1,066	1,04790	0,983021
0	100	1	1	1

Anmerkung. Zur näheren Kenntniss der verschiedenen Eigenschaften der englischen Schwefelsäure und des rauchenden Vitriolöls dürfte die Mittheilung folgender Versuchs-

Resultate nicht ohne Interesse sein, da viele Chemiker der Ansicht sind, beide Säuren unterscheiden sich lediglich durch einen verschiedenen Gehalt an Hydratwasser. — Das specifische Gewicht einer reinen englischen Schwefelsäure wurde bei 28' 2'' Barometerstand und 10° C. Zimmertemperatur gefunden zu:

1,84779 Temperatur der Säure = 11°6 C. Einheit = Wasser v. 15° C.
1,84437 „ „ „ = 15° C. „ = „ „ 15° C. (1,84342 im Vacuo).

Aus rauchendem Vitriolöl (spec. Gew. 1,856 bei 15° C.) wurde durch Zusatz von sehr wenig Wasser ebenfalls eine Säure dargestellt, welche genau wieder das specifische Gewicht zeigte:

1,84779 Temperatur der Säure 11°6 C., Einheit = Wasser von 15° C.

Durch Stellen in lauwarmes Wasser wurde die Temperatur erhöht bis genau 15° C. und das specifische Gewicht wieder ermittelt, es betrug

1,84414 Temperatur der Säure 15° C., Einheit = Wasser von 15° C. (1,84309 im Vacuo).

Die Verschiedenheit der Abnahme des specifischen Gewichtes beider Säuren bei ganz gleicher Temperaturzunahme zeigte eine verschiedene Ausdehnung der Säuren durch die Wärme bei ganz gleichem specifischem Gewichte an.

10 Grammen dieser englischen Schwefelsäure von 1,844 spec. Gew. bei 15° C. (= 1,842 spec. Gew. bei 14° R.) sättigten 198,4 CC. Normalnatronlösung (Lehrbuch der Titrirmethode von Dr. *Mohr*, 1. Abthlg., S. 38), welche 27,471 Grammen $NaO.CO^2 + 10$ aq. entsprechen.

Es berechnet sich hieraus ein Säuregehalt dieser englischen Schwefelsäure von 79,36 Procent SO^3, oder 97,22 Procent $SO^3 + HO$.

10 Grammen der aus rauchendem Vitriolöl dargestellten Schwefelsäure von 1,844 spec. Gew. bei 15° C. (= 1,842 spec. Gew. bei 14° R.) sättigten 205 CC. Normalnatronlösung, welche 29,315 Grammen $NaO.CO^2 + 10$ aq. entsprechen. Es berechnet sich hieraus ein Gehalt von 82 Procent SO^3 (entsprechend 100,45 $SO^3 + HO$).

Die Sättigungscapacität der beiden Säuren von gleichem specifischen Gewichte = 1,844 bei 15° C. (= 1,842 bei 14° R.) verhält sich hiernach:

wie 27,471 zu 29,315, d. i. 100 : 107,08.

Meissner giebt in seinem Werke (Aräometrie, Theil I, S. 67) die Verhältnisszahlen der Sättigungscapacität der concentrirten Säuren bei gleichem specifischen Gewichte an: wie 329 zu 354, d. i. 100 : 107,59.

Wurde rauchendes Vitriolöl (spec. Gew. 1,856 bei 15° C.) mit ungefähr gleichen Theilen Wassers gemischt, so zeigte es das specifische Gewicht 1,41362; ebenso wurde aus englischer Schwefelsäure eine Säure dargestellt, welche ebenfalls genau dasselbe specifische Gewicht zeigte. Beide Säuren hatten bei diesem Grade der Verdünnung bei gleichem specifischem Gewichte auch ganzgleiche Sättigungscapacität.

Worin der Grund dieser ebenso interessanten als beachtenswerthen Erscheinung liegt, dass diese concentrirten Schwefelsäuren von derselben chemischen Zusammensetzung und derselben Sättigungscapacität verschiedene specifische Gewichte haben, wie umgekehrt bei gleichen specifischen Gewichten verschiedene Sättigungscapacitäten, ist zur Zeit gänzlich unentschieden. Muss es aber nicht auffallend erscheinen, dass gerade bei Phosphor und Schwefel, welche als Elemente so verschiedene allotropische Zustände erkennen lassen, die entsprechenden Säuren wieder in Modificationen auftreten?

Die specifischen Gewichte der Schwefelsäure bei verschiedenem Procentgehalte derselben sind oft untersucht worden, so von *Vauquelin*, *Darcet*, *Dalton*, *Dizé*, *Anthon*, *Richter*, *Ure* und *Bineau*. *Bineau's**) Angaben über den Procentgehalt der wässerigen Schwefelsäure im Vitriolöle bei verschiedenem specifischem Gewicht sind die neuesten. Ich habe sie hier benutzt, indem die unter „gefunden" angeführten specifischen Gewichte aus seiner Tafel und seinen Angaben für 15°C. berechnet und interpolirt worden sind.

Die, dieser Tabelle zu Grunde gelegten Mischungsgewichte sind für $SO^3 = 500$, für $HO = 112{,}5$.

Formel.	Procentgehalt an SO^3.	Procentgehalt an $SO^3 + HO$.	Gefundenes specif. Gew. bei 15° Cels.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
$SO^3 + HO$	81,633	100	1,8426	1,8426	1
$SO^3 + 2\,HO$	68,965	84,483	1,779	1,629	0,915
$SO^3 + 3\,HO$	59,701	73,137	1,652	1,502	0,909
$SO^3 + 4\,HO$	52,632	64,474	1,552	1,418	0,913
$SO^3 + 5\,HO$	47,059	57,647	1,477	1,358	0,919
$SO^3 + 6\,HO$	42,553	52,128	1,419	1,313	0,924
$SO^3 + 7\,HO$	38,835	47,572	1,376	1,278	0,928
$SO^3 + 8\,HO$	35,714	43,661	1,339	1,249	0,933
$SO^3 + 9\,HO$	33,057	40,495	1,310	1,227	0,936
$SO^3 + 10\,HO$	30,769	37,693	1,286	1,208	0,939
HO	0	0	1	1	1

Salpetersäure.

Auch über die specifischen Gewichte der Salpetersäure stellte *Meissner* Versuche an (dessen Aräometrie, Th. II, S. 21), und zwar verdünnte *Meissner* sowohl rauchende rothe Salpetersäure, als die reine weisse Salpetersäure. Er ging bei beiden Säuren vom specifischen Gewicht 1,560 aus, ohne den Procentgehalt der Säuren an wasserfreier Säure zu ermitteln.

*) Ann. d. Chim. et de Phys. XXIV, 337; Journal f. praktische Chemie von *Erdmann* und *Marchand*, Bd. 46, Seite 98.

Rothe Salpetersäure.

Gewichtstheile Salpetersäure vom spec. Gew. 1,560.	Gewichts-theile Wassers.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
100	0	1,560	1,560	1
95	5	1,524	1,51751	0,995742
90	10	1,494	1,47727	0,988804
80	20	1,444	1,40288	0,971522
70	30	1,395	1,33562	0,957431
60	40	1,346	1,27454	0,946887
50	50	1,290	1,21875	0,944767
40	60	1,232	1,16766	0,947777
30	70	1,168	1,12069	0,959494
20	80	1,110	1,07734	0,970584
10	90	1,055	1,03723	0,983160
0	100	1	1	1

Weisse Salpetersäure.

Gewichtstheile Salpetersäure vom spec. Gew. 1,560.	Gewichts-theile Wassers.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
100	0	1,560	1,560	1
95	5	1,545	1,51751	0,982210
90	10	1,530	1,47727	0,965538
80	20	1,498	1,40288	0,936500
70	30	1,461	1,33562	0,914180
60	40	1,418	1,27454	0,898809
50	50	1,362	1,21875	0,894824
40	60	1,292	1,16766	0,903863
30	70	1,215	1,12069	0,922377
20	80	1,139	1,07734	0,945872
10	90	1,065	1,03723	0,973930
0	100	1	1	1

Salzsäure.

Bei der Berechnung der Volumenveränderung, welche eintritt, wenn Salzsäure mit Wasser verdünnt wird, wurden wiederum die specifischen Gewichts-Bestimmungen benutzt, welche *Meissner* hierüber angiebt (dessen Aräometrie, Th. II, S. 23).

Gewichtstheile Salzsäure vom specif. Gew. 1,2050.	Gewichts-Theile Wassers.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
100	0	1,2050	1,2050	1
90	10	1,1867	1,18079	0,99502
80	20	1,1666	1,15754	0,99223
70	30	1,1450	1,13545	0,99166
60	40	1,1237	1,11368	0,99108
50	50	1,1026	1,09297	0,99127
40	60	1,0814	1,07302	0,99225
30	70	1,0610	1,05136	0,99319
20	80	1,0405	1,03522	0,99493
10	90	1,0200	1,01731	0,99736
0	100	1	1	1

Ammoniakliquor.

Bei Zugrundelegung der specifischen Gewichte, welche *Meissner* über die Mischungen aus einer Ammoniaklösung von 0,8830 und Wasser liefert, ergeben sich folgende Volumveränderungen.

Gewichtstheile Ammoniakliquor vom specif. Gew. 0,8830.	Gewichts-Theile Wassers.	Gefundenes specif. Gew. bei 14° R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
100	0	0,8830	0,8830	1
90	10	0,8947	0,89347	0,99863
80	20	0,9050	0,90245	0,99718
70	30	0,9147	0,91522	1,00046
60	40	0,9250	0,92635	1,00146
50	50	0,9360	0,93786	1,00199
40	60	0,9470	0,94967	1,00282
30	70	0,9590	0,96177	1,00289
20	80	0,9725	0,97418	1,00173
10	90	0,9865	0,98692	1,00043
0	100	1	1	1

Ueber die specifischen Gewichte des Ammoniakliquors bei bestimmtem Procentgehalte lieferte *Dalton**), *Davy***) und *Ure****) Tabellen, von welchen die Angaben *Ure*'s ohne Zweifel das meiste Vertrauen verdienen.

Davy bestimmte nur 3 Zahlen und zwar:

32,3procentige	Lösung	0,8750
25,37 „	„	0,9054
9,5 „	„	0,9692

alle übrigen Glieder seiner Tabelle berechnete er durch Interpolation.

So giebt *Davy* bei einem Procentgehalt von 14,53 des specifischen Gewichts 0,9435 an. Dieselbe Zahl findet man nach der früher (Seite 8) angegebenen Formel. *Davy* ging daher von der Ansicht aus, dass beim Verdünnen des Ammoniakliquors mit Wasser keine Modification des specifischen Gewichts Statt finde.

Zu anderen Resultaten gelangt man, wenn einige Angaben über die specifischen Gewichte des Ammoniakliquors von *Ure* derselben Betrachtung unterzogen werden.

Procentgehalt an reinem Ammoniak.	Gefundenes specifisches Gewicht.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
27,94	0,8914	0,8914	1
21,2	0,9177	0,91538	0,99747
13,25	0,9455	0,94538	0,99987
6,625	0,9716	0,97192	1,00033
0	1	1	1

Noch andere Resultate erhält man aus den Angaben von *Ure*, wenn man bei der Berechnung der hypothetischen mittleren specifischen Gewichte nicht von der Flüssigkeit 0,8914 ausgeht, sondern die Ammoniakflüssigkeit von 0,9000 specifisches Gewicht als Einheit betrachtet.

---

*) Dessen neues System, Bd. II, S. 230.

**) *Davy*'s Elem., Bd. I, S. 241.

***) *Schweigger*'s Journal, Bd. 32, S. 458.

Vermischt man diese Flüssigkeit mit gleichen Theilen Wassers, und die so erhaltene Flüssigkeit wiederum mit gleichen Theilen Wassers, so ergeben sich folgende Volumveränderungen:

Procente der Lösung an reinem Ammoniak.	Gewichtstheile d. Ammoniakliquors v. spec. Gewicht 0,9.	Gewichts-Theile Wassers.	Gefundenes specifisches Gewicht.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
26,5	1	0	0,9000	0,9000	1
13,25	1	1	0,9455	0,94737	1,00198
6,625	1	3	0,9716	0,97297	1,00172
0	0	1	1	1	1

Ich selbst stellte sorgfältige Versuche mit noch verdünnterem Ammoniakliquor an, dessen specifisches Gewicht zu 0,970123 bei 15° C. ermittelt wurde.

Gewichtstheile d. Ammoniakliquors v. spec. Gew. 0,970123.	Gewichts-Theile Wassers.	Gefundenes specifisches Gewicht. bei 15° C.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
1	0	0,970123	0,970123	1
3	1	0,977231	0,977424	1,000186
1	1	0,984629	0,984836	1,000210
1	3	0,992277	0,992361	1,000060
0	1	1	1	1

Weinsäurelösungen.

Gewichts-Procente an kryst. Säure.	Gefundenes specifisches Gewicht bei 15° C.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
57,9	1,32200	1,32200	1
50	1,26962	1,26627	0,99736
40	1,20785	1,20227	0,99536
30	1,15047	1,14438	0,99471
20	1,09693	1,09184	0,99535
10	1,04692	1,04390	0,99711
	1	1	1

Citronensäurelösungen.

Gewichts-Procente an kryst. Säure.	Gefundenes specifisches Gewicht bei 15° C.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
66,1	1,30763	1,30763	1
60	1,27382	1,2715	0,9982
50	1,22041	1,2165	0,9968
40	1,17093	1,1660	0,9958
30	1,12439	1,1196	0,9957
20	1,08052	1,0766	0,9964
10	1,03916	1,0369	0,9979
0	1	1	1

Zuckerlösungen.

Ueber die specifischen Gewichte der Lösungen von Zucker in Wasser liegen meinen Angaben die Berechnungen zu Grunde, welche *Brix* über die, durch Versuche von *Balling* ermittelten specifischen Gewichte anstellte (s. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen 1854, S. 132). *Brix* berechnete die specifische Gewichts-Curve der Zuckerlösungen nach der Methode der kleinsten Quadrate, und die grosse Uebereinstimmung, welche die Resultate der Rechnung mit denen der directen Bestimmungen von *Balling* ergeben haben, scheint Bürgschaft für die Richtigkeit der Tabelle zu sein.

Gewichts-Procente der Lösung an Zucker.	Gefundenes specifisches Gewicht bei 14°R.	Mittleres hypothetisches specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen.
70	1,3507	1,3507	1
60	1,2900	1,28626	0,99710
50	1,2329	1,22769	0,99577
40	1,1794	1,17422	0,99560
30	1,1295	1,12521	0,99620
20	1,0832	1,08013	0,99716
10	1,0404	1,03852	0,99819
0	1	1	1

Alkohol.

Schliesslich mögen hier noch die Zahlengrössen Platz finden, welche die Volumenveränderung angeben, wenn Alkohol von 0,793 specifischem Gewichte mit Wasser gemischt wird (entnommen *Pouillet*'s-*Müller*'s Lehrbuch der Physik).

Volumprocente Alkohol von specif. Gewicht 0,793.	Volum-Procente Wassers.	Volumen nach dem Mischen.
100	0	1
90	10	0,9827
80	20	0,9741
70	30	0,9687
60	40	0,9651
50	50	0,9636
40	60	0,9656
30	70	0,9719
20	80	0,9821
10	90	0,9938
0	100	1

Diese Berechnungen liefern den Beleg, dass in der That beim Mischen zweier Flüssigkeiten immer eine Modification des Volums Statt findet. Betrachtet man die Volumveränderungen, welche beim Mischen des Ammoniakliquors mit Wasser beobachtet wurden, so ergiebt sich aus den Versuchen von *Meissner* und *Ure* übereinstimmend das Resultat, dass hier eine Contraction Statt findet, wenn gesättigter Ammoniakliquor mit wenig Wasser verdünnt wird; hingegen Dilatation, wenn er mit viel Wasser vermischt wird. Ammoniakliquor von 0,9 specifischem Gewicht, sowie Liquor von noch höherem specifischen Gewicht zeigt beim Mischen mit Wasser unter allen Umständen Dilatation.

Diese Eigenthümlichkeit des Ammoniakliquors steht keineswegs vereinzelt da, im Gegentheil ist durch *Rudberg* ein ähnliches Verhalten beim Vermischen von Spiritus mit Wasser nachgewiesen worden. Während Alkohol von 0,793 mit Wasser gemischt unter allen Umständen Contraction nachweisen lässt, ist es eine erwiesene Thatsache, dass verdünnter Alkohol bis zu 0,9666 specifischem Gewichte

(Alkoholgehalt = 23,87 Gewichtsprocente) mit Wasser in jedem Verhältniss gemischt Dilatation zeigt.*)

Werden die Zahlenwerthe, welche in vorstehenden Tabellen die Volumina der Lösungen, nach dem Mischen der concentrirten Lösung mit Wasser, angeben, graphisch aufgezeichnet und zwar so, dass die Zahlen des Procentgehaltes der Lösung den Abscissen, die Volumina nach dem Mischen aber den Ordinaten entsprechen, so lassen sie sich bei den Lösungen der Säuren und Salze überall zu einer regelmässigen Curve (Linie zweiter Ordnung) vereinigen; nur beim Alkohol und concentrirten Ammoniakliquor wird die Modificationscurve durch eine Linie dritter Ordnung repräsentirt.

Die grösste Verdichtung tritt beim Vermischen der Salzlösungen mit Wasser in der Regel ein, wenn nahezu gleiche Gewichtstheile beider Mischungsbestandtheile zusammengebracht werden, doch fällt das Maximum der Modification bald mehr nach der einen, bald mehr nach der anderen Seite. Beim Vermischen der englischen Schwefelsäure von 1,842 specifischem Gewichte scheint es sogar einzutreten, wenn 3 Gewichtstheile der Säure mit 1 Theil Wasser verdünnt wird.

Die grossen Verdichtungen, welche wahrgenommen werden, wenn Schwefelsäure oder Salpetersäure mit Wasser gemischt werden, eben so die Verdichtung, welche Statt findet, beim Vermischen von Alkohol mit Wasser sind jederzeit mit Wärmeentwicklung verbunden; beim Verdünnen der Lösungen von kohlensaurem Kali, von Chlorcalcium, von Chlormagnesium und vielen anderen Lösungen ist ebenfalls die Wärmeentwicklung sehr auffallend und gerade diese Lösungen sind es, welche die augenscheinlichsten Contractionen und mithin Erhöhung der mittleren specifischen Gewichte nachweisen lassen. Es liegt deshalb der Schluss wohl ziemlich nahe, dass die Temperaturerhöhung im engsten Zusammenhang mit der Verdichtung selbst stehen müsse.

Eine Menge in dieser Beziehung angestellte Versuche haben indess zu keinem Resultate geführt, und es braucht hier nur an den Umstand erinnert zu werden, dass die Verdichtung beim Vermischen einer concentrirten Salpetersäure mit Wasser bei Weitem grösser ist, als die Verdichtung beim Vermischen einer concentrirten Schwefelsäure mit Wasser; gleichwohl ist die Wärmeentwicklung im letzteren Falle viel stärker.

Einen noch schlagenderen Beweis für die Unrichtigkeit obiger Voraussetzung findet man in der merkwürdigen und auffallenden Er-

*) S. Physikalisch chemische Beiträge von *H Kopp*, 1. Thl., S. 154.

scheinung, dass zwar bei allen Salzlösungen beim Verdünnen derselben stets das specifische Gewicht höher ist, als die berechnete hypothetische Mittelzahl, dass aber trotzdem nicht immer eine Wärmeentwicklung wahrgenommen werden kann, sondern sogar sehr oft eine Wärmeabsorption Statt findet. Auf diese, mit demjenigen physikalischen Satze, dass Ausdehnung von Wärmebindung, Verdichtung dagegen von Freiwerden der Wärme begleitet sei, in Widerspruch stehende Erscheinung macht *Person**) namentlich beim Kochsalz aufmerksam, und leitet dieses Phänomen von den eigenthümlichen Löslichkeitsverhältnissen ab, welchen das Kochsalz unterworfen ist. Nach *Person* sind z. B. 22 Wärmeeinheiten *(calories)* nöthig, um 1 Grammen Kochsalz in 50 Grammen Wasser zu lösen; während 10 Wärmeeinheiten zur Lösung von 4 Grammen hinreichen. Es bedarf mithin weniger Wärme, um 1 Grammen Kochsalz zu lösen, als um seine Lösung mit Wasser zu verdünnen.

Die Erscheinung von Wärmeabsorption beim Verdünnen der Lösungen unter gleichzeitiger Verdichtung des Gemisches zeigen noch mehrere Salzlösungen, z. B. die concentrirte Lösung von K.Cl; $KO.SO^3$; $KO.NO^5$; $NaO.CO^2$; $NaO.SO^3$ u. v. a.

Es giebt also vielleicht Salzlösungen, deren specifische Wärme mit der Verdünnung zunimmt (wie die Lösungen von Na.Cl und $KO.NO^5$), während sie bei anderen mit der Verdünnung abnimmt (wie bei den Lösungen von $KO.CO^2$, Ca.Cl und Mg.Cl).**)

Die Menge der freiwerdenden Wärme, welche wir beim Mischen mancher Lösungen mit Wasser wahrnehmen, kann daher nicht als ein Maassstab für die eingetretene Verdichtung betrachtet werden.

Man möchte geneigt sein, die Grösse der Modification von der Grösse der Differenz abzuleiten, welche die specifischen Gewichte der zu mischenden Flüssigkeiten zeigen; doch widerspricht der Allgemeingültigkeit einer solchen Annahme schon der Umstand, dass die Schwefelsäure ein höheres specifisches Gewicht und doch eine geringere Modification des mittleren hypothetischen Volumen zeigt, als die Salpetersäure. Obgleich also die Allgemeingültigkeit dieses Satzes sich nicht bewährt, so konnte doch ein Zusammenhang zwischen den specifischen Gewichten der Lösungen und den Modificationsverhältnissen der mittleren Volumina vermuthet werden, sobald man Glieder einzelner Gruppen miteinander vergleicht.

*) Compt. rend, T. XX, pag. 757, übertragen u. a. *Poggendorff's* Annalen, Bd. 65, S. 433.

**) Vergl. hierüber *Gmelin*, Handbuch d. Chemie, Bd. I. S. 281.

Es wurden deshalb in beifolgender Tabelle die Volumveränderungen aufgezeichnet, welche eintreten, wenn die concentrirten Lösungen mit gleichen Gewichtstheilen Wassers verdünnt werden.

Tabelle II.

Formel.	Specif. Gew. der Lösung.	Temperatur.	Volumen nach dem Mischen, wenn das Volumen vor dem Mischen = 1.
Na.Cl	1,20433	15° C.	0,9957
K.Cl	1,17234	15° C.	0,9970
NH^4.Cl	1,07658	15° C.	0,9971
NaBr	1,5130	19,5° C.	0,9944
KBr	1,3613	19,5° C.	0,9966
$KO.CO^2$	1,57079	15° C.	0,9725
$NaO.CO^2$	1,15350	15° C.	0,9960
$NaO.SO^3$	1,11170	15° C.	0,9983
$KO.SO^3$	1,08305	15° C.	0,9992
$NaO.NO^5$	1,3804	19,5° C.	0,9915
$KO.NO^5$	1,1455	19,5° C.	0,9987
Ca.Cl	1,41104	15° C.	0,9874
Sr Ćl	1,36847	15° C.	0,9945
Ba Ćl	1,28267	15° C.	0,9977
K.J	1,7096	19,5° C.	0,9957
K.Br	1,3613	19,5° C.	0,9966
K.Cl	1,1718	19,5° C.	0,9975
$KO.CrO^3$	1,4251	19,5° C.	0,9901
$KO.SO^3$	1,0908	19,5° C.	0,9991
$NaO.NO^5$	1,3804	19,5° C.	0,9915
$NaO.ClO^5$	1,2933	19,5° C.	0,9987
$\overline{T}$	1,32200	15° C.	0,9947
$\overline{Ci}$	1,30763	15° C.	0,9961

Man sieht hier wirklich die grössere Verdichtung da eintreten, wo die mit Wasser zu mischende Flüssigkeit das grössere specifische Gewicht zeigt.

Dieser Vergleich lässt eine Erklärung der Erscheinung vermuthen, dass beim Ammoniakliquor (von 0,9 specifischem Gewichte) nicht nur keine Contraction, sondern sogar Dilatation eintritt, wenn er mit Wasser verdünnt wird. Der Umstand, dass andere Flüssigkeiten, ebenfalls leichter als Wasser (z. B. starker Alkohol), mit Wasser gemischt, immer Verdichtung zeigen, kann hier wegen der verschiedenen Natur dieser Flüssigkeiten nicht in Betracht kommen.

Ferner möchte es hiernach vielleicht weniger befremdend erscheinen, dass bei höheren Temperaturen eine und dieselbe Mischung eine geringere Modification des Volumen zeigt, als bei niederen Temperaturen*), da mit der Zunahme der Temperatur das specifische Gewicht der Lösungen geringer wird. Wie allerdings die Thatsache zu erklären ist, dass Alkohol von weniger, als $16^1/_2$ Gewichtsprocent Gehalt beim Vermischen mit Wasser in niedrigen Temperaturen eine geringere Contraction zeigt, als bei höheren, bleibt hierbei räthselhaft.

Wäre der, in vorstehender Tabelle angestellte Vergleich insoweit gültig, dass bei Gliedern einer Gruppe die Differenz der specifischen Gewichte der zu mischenden Flüssigkeiten, proportional sei der beim Mischen beobachteten Verdichtung, so stände zu erwarten, dass Flüssigkeiten einer verwandten Gruppe, bei gleichgrossem specifischen Gewichte unter gleichen Umständen auch eine gleiche Verdichtung zeigten. Wie wenig sich indess eine solche Voraussetzung in der Wahrheit bestätigt, werden folgende Beispiele zeigen.

---

*) Vergl. *Kopp*'s physikalisch-chemische Beiträge, S. 191.

Tabelle III.

Formel.	Specif. Gewicht der Lösung.	Specif. Gew. der Lösung nach dem Verdünnen mit gleichen Gewichts-Theilen Wassers. Mittleres hypothet. spec. Gew.	Gefundenes specif. Gew.	Volumen nach dem Mischen, wenn das Volum. vor d. Mischen = 1.	Mischungsgewichte der gelösten Körper.
Mg.Cl	1,280	1,1228	1,1312	0,9926	48,16
Ca.Cl	1,280	1,1228	1,1305	0,9932	55,46
Sr.Cl	1,280	1,1228	1,1270	0,9963	79,38
Ba.Cl	1,280	1,1228	1,1255	0,9976	104,10
$NaO.CO^2$	1,150	1,0698	1,0740	0,9961	52,97
$KO.CO^2$	1,150	1,0698	1,0732	0,9968	69,11
$NaO.SO^3$	1,080	1,0385	1,0395	0,9990	70,97
$KO.SO^3$	1,080	1,0385	1,0392	0,9992	87,11
NH^4.Cl	1,070	1,0338	1,0370	0,9969	53,46
Na.Cl	1,070	1,0338	1,0342	0,9996	58,43
K.Cl	1,070	1,0338	1,0341	0,9997	74,57
K.Cl	1,170	1,0784	1,0810	0,9976	74,57
K.Br	1,170	1,0784	1,0795	0,9990	119,11
K.J	1,170	1,0784	1,0787	0,9997	165,99
$NaO.NO^5$	1,180	1,0826	1,0855	0,9973	84,97
$NaO.ClO^5$	1,180	1,0826	1,0845	0,9982	106,43
$\overline{T}$ wasserfreie	1,190	1,0863	1,0890	0,9975	132,07
$\overline{Ci}$ wasserfreie	1,190	1,0863	1,0885	0,9981	165,107

Diese Tabelle liefert indess den interessanten Beweis, dass bei dem Verdünnen von verwandten Salzlösungen von gleichgrossem specifischen Gewichte unter gleichen Umständen diejenige Lösung die grössere Verdichtung erleidet, deren gelöster Bestandtheil das kleinere Mischungsgewicht hat.

Viele Chemiker sind der Ansicht, dass die Modificationsverhältnisse von der Bildung bestimmter chemischer Verbindungen abhängig seien. So sagt *Berzelius* *), dass das Schwefelsäurehydrat mit Wasser gemischt, dann die grösste Zusammenziehung des Volums beider Bestandtheile erkennen lasse, wenn der Sauerstoffgehalt des Wassers und der Schwefelsäure gleich gross seien, mithin das Gemisch der Formel $SO^3 + 3HO$ entspreche. **) In der That weist auch *Kopp* in seiner oft erwähnten Schrift ***) Seite 108 nach, dass die grösste Verdichtung oft mit befriedigender Genauigkeit, dann bei einfachen stöchiometrischen Verhältnissen gefunden wird, wenn man von bestimmten chemischen Verbindungen ausgegangen ist. Beim Schwefelsäurehydrat, beim Salpetersäurehydrat, beim Essigsäurehydrat und beim Alkohol findet nach *Kopp*'s Berechnungen das Maximum der Modification bei folgenden Mischungen Statt.

Salpetersäurehydrat	bei der Mischung	$N_2 O_6 H_2 + 6 H_2 O$
Schwefelsäurehydrat	„ „ „	$SO_4 H_2 + 2 H_2 O$
Essigsäurehydrat	„ „ „	$\bar{A} O H_2 + 5 H_2 O$
Alkohol	„ „ „	$C^4 H^{12} O^2 + 6 H_2 O$.

Dieses Resultat ist jedenfalls von Interesse. *Kopp* selbst liefert indess auf S. 195 seiner Schrift einen sehr schlagenden Beweis, wie wenig diese Beobachtungen hinreichen, um die beim Mischen stattfindenden Volumveränderungen zu erklären, und kommt auf S. 196 zu dem Schlusse, dass die Modification nicht auf der Bildung chemischer Verbindungen beruht, wenigstens nicht allein. Wäre letzteres der Fall, so könnten die Modificationsverhältnisse in ihrer graphischen Aufzeichnung nicht stetig Curven bilden, sondern würden durch gebrochene Linien ihren Ausdruck finden.

Es ist hier der Ort, darauf hinzuweisen, dass beim Verdünnen genau derselben Lösungen bei Aenderung der Temperaturverhältnisse sich nicht allein die Grösse der Modification des mittleren Volumen, sondern auch die Lage des Maximum dieser Modification ändert.

---

*) Dessen Lehrbuch, Bd. I, Seite 478.

**) *Watt* berechnet aus den specifischen Gewichtsangaben der Schwefelsäure-Tabelle, welche *Bineau* bei 0°C entwarf, die grösste Verdichtung nicht bei der Verbindung von $SO^3 + 3HO$, sondern bei dem Gemenge, welches 75,5 Theile $SO^3 + HO$ auf 100 Theile der Flüssigkeit enthält. — *Gmelin*'s Handbuch d. Chemie, Bd. I, S. 634.

***) *Kopp*'s physikalisch chemische Beiträge.

In welchem innigen Zusammenhange die specifischen Gewichte mit den Mischungsgewichten der Körper stehen, ist durch die Arbeiten von *Kopp*, *Schröder*, *Löwig*, *Filhol* u. a. nachgewiesen worden; es stand daher zu vermuthen, dass zwischen den in Rede stehenden Volumveränderungen, welche wahrgenommen werden, wenn Lösungen verdünnt werden, und den in der Lösung enthaltenen Bestandtheilen, sich dann ein bestimmtes und gesetzmässiges Verhalten erkennen lasse, wenn die Bestandtheile nach ihren Mischungsgewichten in Betracht gezogen würden.

Ganz in der jüngsten Zeit hat *Kremers* in seiner bereits erwähnten Abhandlung*) diesen Weg eingeschlagen, und da die von mir untersuchten Lösungen nicht nur einen ferneren Beleg für die Allgemeingültigkeit der von *Kremers* aufgestellten Sätze liefern; sondern diese Betrachtungsweise auch sehr geeignet erscheint, Aufklärung über obigen Zusammenhang zu geben, so wurden die, durch Versuche von mir ermittelten specifischen Gewichte in derselben Weise weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt, deren Resultate in beifolgender Tabelle zusammengestellt sind. —

Die erste Colonne enthält die chemischen Zeichen der gelösten Bestandtheile. **)

Colonne *A* giebt das absolute Gewicht des in 100 Theilen der Lösung enthaltenen Körpers an.

Colonne *B* giebt die Gewichtstheile an, welche in 100 Theilen Wassers gelöst sind.

Colonne *C* enthält die relative Anzahl der Aequivalente, welche in 100 Theilen Wassers gelöst sind.***)

Colonne *D* giebt die specifischen Gewichte der Lösungen bei 15° C. an, Wasser von derselben Temperatur als Einheit genommen.

Colonne *E* zeigt das relative Volumen, welches die Lösungen haben, wenn das Volumen der 100 Theile lösenden Wassers als 100 angenommen wird. †)

Colonne *F* enthält das Mischungsgewicht des gelösten Körpers.††)

---

*) „Ueber die Aenderung des Volums, welche die Lösung wasserfreier Salze in Wasser und die Verdünnung wässeriger Salzlösungen begleiten" *Poggendorff*'s Annalen, Bd. 95, S. 110 u. Bd. 96, S. 39.

**) Die Angaben der gelösten Salze beziehen sich, wie aus den chemischen Formeln hervorgeht, stets auf wasserfreies Salz.

***) $C = B \times \frac{100}{\text{Mischungsgewicht.}}$

†) $E = \frac{B + 100}{D.}$

††) Mischungsgewicht $H = 1$.

Tabelle IV.

Salze.

Formel.	A	B	C	D	E	F
K Cl	5	5,263	7,058	1,03250	101,95	
	10	11,111...	14,900	1,06580	104,25	
	15	17,647	23,666	1,10036	106,92	
	20	25	33,526	1,13608	110,03	
	24,9	33,156	44,463	1,17234	113,58	74,57
Na Cl	5	5,263	9,008	1,03624	101,58	
	10	11,111...	19,016	1,07335	103,52	
	15	17,647	30,203	1,11146	105,85	
	20	25	42,786	1,15107	108,60	
	26,395	35,860	61,373	1,20433	112,80	58,43
NH^4Cl	5	5,263	9,845	1,01580	103,62	
	10	11,111...	20,784	1,03081	107,79	
	15	17,647	33,011	1,04524	112,56	
	20	25	46,764	1,05929	118,00	
	26,297	35,680	66,741	1,07658	126,03	53,46
Li Cl	10	11,111...	26,462	1,0580	105,02	
	20	25	59,540	1,1172	111,89	
	30	42,857	102,06	1,1819	120,87	
	40	66,666...	158,77	1,2557	132,73	
	43,2	76,056	181,13	1,2827	137,25	41,99
Mg Cl	5	5,263	10,928	1,04222	101,00	
	10	11,111...	23,071	1,08592	102,32	
	15	17,647	36,643	1,13106	104,01	
	20	25	51,910	1,17800	106,11	
	25	33,333...	69,214	1,22737	108,64	
	30	42,857	88,989	1,27937	111,66	
	35,007	53,863	111,840	1,33406	115,33	48,16
Ca Cl	5	5,263	9,490	1,04259	100,96	
	10	11,111...	20,034	1,08695	102,22	
	15	17,647	31,820	1,13360	103,78	
	20	25	45,078	1,18222	105,74	
	25	33,333...	60,103	1,23365	108,08	
	30	42,857	77,276	1,28789	110,92	
	35	53,846	97,068	1,34430	114,44	
	40,656	68,509	123,529	1,41104	119,42	55,46

Formel.	A	B	C	D	E	F
	5	5,263	6,630	1,04533	100,70	
	10	11,111...	13,993	1,09287	101,67	
	15	17,647	22,232	1,14387	102,85	
$SrCl$	20	25	31,494	1,19890	104,26	
	25	33,333...	41,992	1,25806	105,98	
	30	42,857	53,990	1,32199	108,06	
	33,378	50,101	63,115	1,36847	109,68	79,38
	5	5,263	5,056	1,04584	100,65	
	10	11,111...	10,674	1,09508	101,46	
$BaCl$	15	17,647	16,952	1,14846	102,44	
	20	25	24,015	1,20611	103,64	
	25,97	35,080	33,573	1,28267	105,31	104,10
	10	11,111...	16,618	1,07337	103,52	
	20	25	37,392	1,15369	108,35	
Al^2Cl^3	25	33,333...	49,855	1,19676	111,16	$\frac{Al^2Cl^3}{2}$
	30	42,857	64,091	1,24218	115,00	
	41,126	69,85	104,48	1,35359	125,48	66,86
	10	11,111...	16,077	1,09278	101,68	
	20	25	36,175	1,19289	104,79	
	25	33,333...	48,232	1,24575	107,03	
$KO.CO^2$	30	42,857	62,013	1,30105	109,80	
	35	53,846	77,735	1,35885	113,22	
	40	66,666...	96,464	1,41870	117,48	
	50	100	144,70	1,54408	129,53	
	52,024	108,44	156,90	1,57079	132,70	69,11
	5	5,263	9,936	1,05255	100,01	
$NO.CO^2$	10	11,111...	20,975	1,10571	100,49	
	14,354	16,764	31,648	1,15350	101,23	52,97
	3	3,093	3,550	1,02447	100,63	
	5	5,263	6,042	1,04091	101,13	
$KO.SO^3$	7	7,527	8,641	1,05776	101,66	
	9	9,890	11,354	1,07499	102,23	
	9,92	11,013	12,642	1,08305	102,50	87,11
	4	4,167	5,871	1,03650	100,50	
$NaO.SO^3$	8	8,696	12,252	1,07378	101,23	
	11,952	13,575	19,127	1,11170	102,16	70,97
	5	5,263	8,671	1,05154	100,10	
	10	11,111...	18,305	1,10529	100,53	
$MgO.SO^3$	15	17,647	29,073	1,16222	101,23	
	20	25	41,186	1,22212	102,28	
	25,248	33,776	55,644	1,28802	103,86	60,70

Formel.	A	B	C	D	E	F
$KO.NO^5$	5	5,263	5,204	1,03207	101,99	
	10	11,111...	10,985	1,06524	104,31	
	15	17,647	17,453	1,09977	106,97	
	20	25	24,717	1,13599	110,04	
	21,074	26,7	26,398	1,14417	110,74	101,11

Säuren.

A. Mineralsäuren.

Formel.	A	B	C	D	E	F
$SO^3 + HO$	10	11,111...	22,676	1,068 *)	104,03	
	20	25	51,020	1,144	109,27	
	30	42,857	87,464	1,223	116,81	
	40	66,666...	136,06	1,306	127,62	
	50	100	204,08	1,398	u. s. w.	
	60	150	306,12	1,501		
	70	233,333...	476,20	1,615		
	80	400	816,33	1,734		
	90	900	1836,7	1,822		
	100	unendlich	unendlich	1,8426		49
SO^3	8,1633	8,8889	22,222	1,068	101,96	
	16,3266	19,512	48,781	1,144	104,47	
	24,4899	32,433	81,082	1,223	108,28	
	32,6532	48,485	121,21	1,306	113,70	
	40,8165	68,966	172,41	1,398	u. s. w.	
	48,9798	96,001	240,00	1,501		
	57,1431	133,34	333,34	1,615		
	65,3064	188,24	470,59	1,734		
	73,4697	276,93	692,33	1,822		
	81,633	444,46	1111,14	1,8426		40
NO^5	10,361	11,559	21,405	1,0708 **)	104,18	
	19,925	24,883	46,079	1,1403	109,52	
	30,286	43,443	80,450	1,2212	117,46	
	39,850	66,251	122,69	1,2947	128,41	
	50,211	100,85	186,76	1,3630	u. s. w.	
	59,775	148,60	275,19	1,4189		
	70,136	234,85	434,91	1,4670		
	79,700	394,55	730,66	1,5000		54

*) Die specifischen Gewichtsangaben von $SO^3 + HO$ sind die von *Bineau;* bezogen auf 15 °C.

**) Die specifischen Gewichte der Salpetersäure sind der Tabelle von *Ure* entnommen.

Formel.	A	B	C	D	E	F
Cl H	10,194	11,351	31,133	1,0497*)	106,06	
	19,980	24,969	68,483	1,0980	113,82	
	30,174	43,213	118,53	1,1494	124,60	
	40,477	68,002	186,51	1,2000	140,00	36,46

B. Organische Säuren.

Formel.	A	B	C	D	E	F
T wasserfreie	8,801	9,650	7,307	1,04692	104,74	
	17,602	21,361	16,174	1,09693	110,64	
	26,403	35,874	27,163	1,15047	118,10	
	35,203	54,328	41,136	1,20785	127,78	
	44,004	78,584	59,501	1,26962	140,66	
	50,967	103,94	78,704	1,32200	154,27	132,070
Ci wasserfreie	7,858	8,528	5,165	1,03916	104,44	
	15,716	18,647	11,294	1,08052	109,81	
	23,574	30,846	18,683	1,12439	116,37	
	31,433	45,842	27,765	1,17093	124,55	
	39,291	64,720	39,199	1,22041	134,97	
	47,149	89,211	54,082	1,27382	148,54	
	52,054	108,57	65,756	1,30763	159,51	165,107

Aetz-Laugen.

Formel.	A	B	C	D	E	F
Na O	6,044	6,4328	20,771	1,0855**)	98,047	
	12,088	13,750	44,398	1,1841	96,065	
	18,132	22,148	71,514	1,2708	96,121	
	24,176	31,884	102,95	1,3426	98,227	
	30,220	43,308	139,84	1,4285	100,322	30,97

*) Die specifischen Gewichte der Salzsäure sind der Tabelle von *Ure* entnommen.

**) Die Angaben der specifischen Gewichte für die Natron- und Kali-Lösungen sind den Tabellen *Tünnermann*'s entnommen, und beziehen sich auf die Temperatur von 15 ° C.

Formel.	A	B	C	D	E	F
KO	5,002	5,2654	11,177	1,0478	100,46	
	10,750	12,045	25,567	1,1059	101,31	
	15,277	18,032	38,276	1,1568	102,03	
	19,803	24,693	52,416	1,2122	102,86	
	23,764	31,172	66,168	1,2648	103,71	
	28,290	39,451	83,742	1,3300	104,85	47,11
NH^4O	8,4117	9,1843	35,324	0,9768 *)	111,77	
	16,212	19,349	74,419	0,9564	124,79	
	24,318	32,132	123,58	0,9363	141,12	
	32,423	49,098	188,84	0,9177	162,47	
	38,503	62,610	240,81	0,9045	179,78	
	42,731	74,614	286,98	0,8914	195,88	26.

Anmerkung: Es musste sehr auffallend erscheinen, dass die Berechnung der Volumina (Colonne E) bei der Natronlösung eine so enorme Verdichtung nachweist, dass nach dem Lösen von NaO in Wasser die Lösung ein kleineres Volumen einnimmt, als das zum Lösen verwendete Wasser selbst.

Zur Prüfung dieses Resultates wurde das specifische Gewicht einer vorräthigen chemisch reinen Aetznatronlösung ermittelt, welche in 1 Litre Lösung genau 31 Grammen NaO enthielt (Normalnatronlösung nach Dr. *Mohr*). Es betrug nach der Correctur auf das Vacuum 1,04342 bei 15° C. 1043,42 Gramme der Lösung enthielt somit 31 Grammen NaO, d. i. 2,9701 Procent; oder in 100 Gewichtstheilen Wassers waren gelöst 3,0620 Gewichtstheile NaO.

Durch Division des specifischen Gewichts in das absolute Gewicht erhalten wir das Volumen $\frac{100 + 3,062}{1,04342}$ = Volumen 98,743.

100 CC. Wasser und 3,06 Grammen NaO nehmen demnach wirklich nach dem Acte der Lösung nur das Volumen von 98,743 CC. ein.

Nach oben angegebener Formel entsprechen 3,06 Gewichtstheile 9,88 Aequivalenten, wofür man aus Tafel III das Volumen von 99,1 ersieht. Die Contraction ist demnach für diesen Concentrationsgrad in Wahrheit noch stärker, als sie sich aus *Tünnermann*'s Angaben ergiebt.

Werden die Werthe der Colonne *C* durch Abscissen, die der Colonne *D* durch Ordinaten dargestellt (siehe Taf. II.) und die einzelnen Punkte, welche die Resultate der Beobachtung sind, mit einander verbunden, so stellen die specifischen Gewichte der Lösungen

*) Die specifischen Gewichte des Ammoniakliquors sind *Ure*'s Tabelle entnommen. Der angegebene Procentgehalt des Liquors an Ammoniak (NH^3) wurde iu den Procentgehalt an Ammoniumoxyd (NH^4O) umgerechnet, um diese Zahlenwerthe mit den Tabellen der Kali- und Natron-Lauge vergleichbar zu machen.

(NH^3 = Mischungsgewicht 17.
NH^4O = „ 26.)

Curven dar, deren Uebereinanderlagerung bei den Gliedern ähnlicher Salzgruppen in dem Sinne Statt findet, wie die Grösse der relativen Mischungsgewichten der gelösten Salze.

Kremers hat die Gültigkeit dieses Satzes bereits für folgende Gruppen von Salzen nachgewiesen:

KCl und $NaCl$;
$KO.SO^3$ und $NaO.SO^3$
$KO.SO^3$ und $KO.CrO^3$
$KO.CrO^3$ und $KO.2CO^3$
KCl; KBr; KJ
$NaO.NO^5$; $KO.NO^5$; $NaO.ClO^5$; $KO.ClO^5$
$NaO.BrO^5$; $KO.BrO^5$; $KO.JO^5$

und wir finden sie noch durch folgende Gruppen bestätigt:

$KO.CO^2$ und $NaO.CO^2$
$BaCl$; $SrCl$; $CaCl$
KCl; $NaCl$; $LiCl$
KO; NaO
$\overline{Ci}$; $\overline{T}$.

Eine Ausnahme tritt bei den Alkalichloriden auf, sobald man die Verbindung des Ammonium mit als Glied dieser Gruppe betrachtet.

Die Mineralsäuren lassen in dieser Beziehung keinen Vergleich zu.

Zur Ermittelung der Modificationsverhältnisse der mittleren hypothetischen Volumina ist indess diese Tafel II wenig geeignet, da die mittleren hypothetischen specifischen Gewichte ebenfalls ganz in demselben Sinne gekrümmte Curven bilden. Die Contraction, welche beim Vermischen concentrirter Lösungen mit verdünnten Lösungen, oder mit dem Lösungsmittel selbst, beobachtet worden ist, kann daher keineswegs durch einfache Construction aus dem Laufe der Curven abgeleitet werden, da die Krümmung derselben nicht mit dieser Contraction allein im Zusammenhange steht und durchaus nicht allein durch sie bedingt wird. Wäre dies der Fall, so würde man berechtigt sein, z. B. den Lösungen des $K.J$ sehr starke Modificationsverhältnisse vorauszusetzen, während die Berechnung doch nur verhältnissmässig sehr geringe Contraction nachweist.

Diese Betrachtungsweise ist indess sehr geeignet, Aufschluss über den Zusammenhang früher gewonnener Resultate zu geben. Wenden wir nämlich einen Blick auf die Ergebnisse, welche sich bei der Betrachtung der Volumveränderungen herausgestellt hatten, wenn Lösungen von gleich grossem specifischen Gewichte mit gleichen Gewichtstheilen Wassers verdünnt wurden (Seite 49), so kann es nicht entgehen, dass hier bei Gliedern ähnlicher Gruppen stets

bei denjenigen Lösungen die grösste Contraction beobachtet wurde, welche bei gleich grossem specifischem Gewichte einem grössern Concentrationsgrade *) entsprechen. Es wird hiernach auch nicht mehr befremdend erscheinen, dass die Salpetersäure grössere Modificationsverhältnisse aufzuweisen hat, als die Schwefelsäure, denn bei 1,5 specif. Gewicht enthält die Schwefelsäure in 100 Theilen Wassers 730,66 Atome, die Schwefelsäure hingegen nur 240 Atome wasserfreie Säure.

Um Anschauung darüber zu erlangen, wie sich die Contractionen verhalten, wenn gleiche Concentrationsgrade ähnlicher Lösungen denselben Verdünnungen unterworfen werden, dazu liefert Taf. III Gelegenheit, in welcher die Werthe der Colonne *C* und *È* graphisch combinirt sind und zwar so, dass die Zahlen *C* wiederum als Abscissen, hingegen die Zahlen *È* als Ordinaten aufgetragen wurden.

Die Tafel III zeigt demnach die Volumina, welche aequivalente **) Mengen in 100 Einheiten Wassers gelöster Körper einnehmen; das Volumen der gleichbleibenden Wassermenge = 100 gesetzt.

Die Curven der Tafel III lassen auf den ersten Blick wenig Gesetzmässigkeit in ihrem gegenseitigen Verlaufe erkennen, indem sie sich mannigfach kreuzen und schneiden, betrachtet man indess auch hier die Curven verwandter Lösungen, so lässt sich eine grosse Gleichmässigkeit in ihrem Verlaufe sofort nachweisen.

Die Curven der Lösungen des $KO.SO^3$ und des $NaO.SO^3$
die Curven der Lösungen des $KO.CO^2$ und $NaO.CO^2$;
ferner die Curven der Lösungen CaCl; SrCl und BaCl, sowie die der $\overline{T}$ und $\overline{Ci}$ zeigen in ihrem gegenseitigen Verlaufe unverkennbar grosse Uebereinstimmung.

Verbindet man irgend zwei Punkte einer solchen Curve, welche die Volumina der Salze in ihren Lösungen repräsentiren, durch eine gerade Linie, so lässt sich direct durch dieses Verfahren der Grad der Contraction beim Vermischen der diesen Punkten entsprechenden Concentrationsgrade ableiten.

Immerhin hat es mir aber unsicher erscheinen wollen, diesen Weg in der eben angedeuteten Weise einzuschlagen, da selbst bei der Aufzeichnung in grösserem Maassstabe eine befriedigende Genauigkeit schwierig zu erreichen sein wird.

Ich habe es daher vorgezogen, die Werthe der Tabelle IV Colonne *C*, welche den Grad der Concentration der Lösung ausdrücken

---

*) Der Concentrationsgrad bezieht sich hier, wie stets im Folgenden, auf die Menge des gelösten Körpers nach chemischen Aequivalenten.

**) Nach den Mischungsgewichten, nicht nach den absoluten Gewichten.

und die Werthe der Tabelle I Colonne *D*, welche durch Berechnung gefunden wurden und das Volumen nach dem Mischen enthalten (vergl. S. 30) zu combiniren und graphisch in Taf. IV darzustellen.

Die Curven der Tafel IV repräsentiren mithin das Volumen, welches die Flüssigkeiten einnehmen, wenn durch Verdünnung mit Wasser aus der bei 15 ° C (resp. 19 ° 5 C) concentrirten Lösung irgend welcher Concentrationsgrad dargestellt wird. Die höchst gelegenen Ordinate (1000—1000) repräsentirt mithin das mittlere hypothetische Volumen, d. h. dasjenige Volumen, welches die Flüssigkeiten einnehmen müssten, wenn bei ihrer Darstellung keine Contraction des Volumen Statt gefunden hätte.

Durch einfache Construction lässt sich aus diesen Curven die Modification des Volumen für alle übrigen Bedingungen ableiten. Die Zahlenwerthe, welche dieser Tafel zu Grunde liegen, sind in beifolgender Tabelle angegeben.

Tabelle V.

KCl	0	1
	7,058	0,99798
	14,900	0,09713
	23,666	0,99709
	33,526	0,99807
	44,463	1
NaCl	0	1
	9,008	0,99707
	19,016	0,99566
	30,203	0,99572
	42,786	0,99692
	61,373	1
$NH^4 . Cl$	0	1
	9,845	0,99794
	20,784	0,99708
	33,011	0,99717
	46,764	0,99802
	66,741	1

$KO.SO^3$	0	1
	3,550	0,99977
	6,042	0,99966
	8,641	0,99967
	12,642	1
$NaO.SO^3$	0	1
	5,871	0,99836
	12,252	0,99846
	19,127	1

Ca Ćl	0	1
	9,490	0,99479
	20,034	0,99101
	31,820	0,98837
	45,078	0,98735
	60,103	0,98749
	77,276	0,98906
	97,068	0,99285
	123,529	1
Sr Ćl	0	1
	6,630	0,99684
	13,993	0,99532
	22,232	0,99458
	31,494	0,99452
	41,992	0,99568
	53,990	0,99795
	63,115	1
Ba Cl	0	1
	5,056	0,99853
	10,674	0,99785
	16,952	0,99773
	24,015	0,99858
	33,573	1

$KO.CO^2$	0	1
	16,077	0,98382
	36,175	0,97445
	48,232	0,97256
	62,013	0,97271
	77,735	0,97407
	96,464	0,97816
	144,70	0,99520
	156,90	1

$NaO.CO^2$	0	1
	3,853	0,99792
	9,936	0,99663
	16,416	0,99611
	20,975	0,99678
	25,744	0,99799
	31,648	1

$KO.NO^5$ 19° 5 C.	0	1
	5,07	0,9990
	10,52	0,9987
	16,16	0,9987
	21,66	0,9992
	27,07	1
$NaO.NO^5$ 19° 5 C.	0	1
	16,13	0.9936
	34,62	0,9915
	55,35	0,9926
	78,00	0,9957
	101,26	1

KCl 19° 5 C.	0	1
	8,52	0,9980
	17,03	0,9975
	26,06	0,9977
	36,31	0,9986
	45,02	1
KBr 19° 5 C.	0	1
	9,42	0,9975
	19,72	0,9966
	30,54	0,9971
	43,40	0,9983
	54,81	1
K.J 19° 5 C.	0	1
	13,29	0,99693
	27,81	0,99567
	46,44	0,99587
	67,54	0,99796
	86,68	1

$\overline{T}$ wasserfrei.		$\overline{C}i$ wasserfrei.	
0	1	0	1
7,307	0,99711	5,165	0,99791
16,174	0,99535	11,294	0,99642
27,163	0,99471	18,683	0,99568
41,186	0,99536	27,765	0,99560
59,501	0,99736	39,199	0,99640
78,704	1	54,032	0,99821
		64,906	1

Ein einziger Blick auf Tafel IV reicht hin, um sich zu überzeugen, dass bei vergleichbaren Lösungen im Allgemeinen diejenigen die grössere Contraction zeigen, welche einen grösseren Concentrationsgrad aufzuweisen haben, eine Ausnahme von dieser Regel stellt sich nur heraus bei der Lösung des Chlorammonium, wenn dieses Chlorid mit den Chloriden der Alkalien verglichen wird.

Betrachtet man die Contraction des Volumen als eine Folge einer gewissen Verwandschaft beider Mischungstheile, und erkennt man in der Löslichkeit der Körper wiederum einen Ausdruck der Verwandschaft der löslichen Körper zu dem Lösungsmittel, so erscheint auch nichts natürlicher als die eben hervorgehobene Beobachtung, namentlich dann, wenn die Körper mit denjenigen Aequivalentenzahlen in Betracht gezogen wurden, in denen sie sich chemisch äussern.

Fasst man indess diejenigen Verdichtungen in das Auge, welche eintreten, wenn ähnliche Lösungen von gleichem Concentrationsgrad mit soviel Wasser verdünnt werden, dass der mittlere Concentrationsgrad resultirt, so lässt sich eine erwartete Gleichmässigkeit keineswegs nachweisen.

In beifolgender Tabelle, welche dazu dienen soll, diesen Ausspruch zu rechtfertigen, enthält die Colonne *A* den ursprünglichen Concentrationsgrad der Lösung, welcher der Verdünnung unterworfen wurde,

Colonne *B* den resultirenden Concentrationsgrad,

Colonne *C* die eingetretene Verdichtung.

Zum Vergleich der hier obwaltenden Umstände sind in

Colonne *D* die specifischen Gewichte der Lösung, welche dem ursprünglichen Concentrationsgrad *A* entsprechen, und in

Colonne *E* die Löslichkeit der Atome*) in der constant bleibenden Wassermenge (100 Einheiten) angegeben.

*) Absolutes Gewicht $\times \frac{100}{\text{Mischungsgewicht.}}$

Tabelle VI.

Formel.	A	B	C	D	E
$KO.SO^3$	10	5	0,00020	1,0660 15° C.	12,64
$NaO.SO^3$	10	5	0,00040	1,0602 15° C.	19,13
$KO.CO^2$	30	15	0,00364	1,1622 15° C.	156,90
$NaO.CO^2$	30	15	0,00330	1,1462 15° C.	31,65
$KO.NO^5$	25	12,5	0,00115	1,1360 19° 5 C.	27,07
$NaO.NO^5$	25	12,5	0,00155	1,1250 19° 5 C.	101,26
K Cl	40	20	0,00255	1,1575 15° C.	44,46
Na Cl	40	20	0,00270	1,1420 15° C.	61,25
NH^4 Cl	40	20	0,00170	1,0528 15° C.	66,74
K Cl	40	20	0,00210	1,1570 19° 5 C.	45,02
K Br	40	20	0,00230	1,2800 19° 5 C.	54,81
K J	40	20	0,00155	1,3960 19° 5 C.	86,68
Ba Cl	30	15	0,00210	1,2540 15° C.	33,57
Sr Cl	30	15	0,00200	1,1900 15° C.	63,11
Ca Cl	30	15	0,00161	1,1265 15° C.	123,53
Ci.	60	30	0,00400	1,2935 15° C.	64,91
T.	60	30	0,00370	1,2712 15° C.	78,70

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bei gleichem Concentrationsgrade unter gleichen Umständen bald diejenigen Lösungen, die grössere Contraction zeigen, welche den leichter löslichen, bald diejenigen, welche den schwerer löslichen Körper enthalten; eben so wenig lässt sich bei gleichem Concentrationsgrade ein entscheidender Zusammenhang aus den specifischen Gewichtsverhältnissen ableiten.

Die gemeinsame Betrachtung des Concentrationsgrades und des specifischen Gewichtes der Lösungen war mithin der einzige Weg, welcher uns zu sicheren Schlüssen leiten konnte.

Bis jetzt war lediglich die Grösse der Contraction der Gegenstand der Untersuchung; wenden wir uns noch zu der Lage des Modificationsmaximum. Es wurde schon oben bemerkt, dass das Maximum der Contraction in der Regel dann eintritt, wenn nahezu gleiche Gewichtstheile der betreffenden Lösungen vermischt werden, doch neigt es sich bald mehr nach der einen, bald mehr nach der

andern Seite. Setzt man hier wiederum die Concentrationsgrade der Lösungen nach ihren Aequivalentzahlen ein, so sieht man auch hier eine grosse Verschiedenheit in der Lage des Modificationsmaximum auftreten. Diese Erscheinung zu erklären muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Der Tafel IV sind folgende Werthe entnommen und in nebenstehender Tabelle zusammengestellt.

Colonne *A* enthält das Maximum der Modification,

Colonne *B* den Concentrationsgrad*) der gesättigten Lösung,

Colonne *C* den Concentrationsgrad, bei welchem das Maximum der Modification bei den angegebenen Temperaturverhältnissen eintritt

Tabelle VII.

Formel.	A	B	C	Temperaturgrade.
$KO.SO^3$	0,00045	12,6	6	15° C.
$NaO.SO^3$	0,0018	19,1	8	15° C.
$KO.CO^2$	0.0265	156,9	54	15° C.
$NaO.CO^2$	0,0039	31,6	16	15° C.
$KO.NO^5$	0,0013	27,1	14	19° 5 C.
$NaO.NO^5$	0,0085	101,3	38	19° 5 C.
KCl	0,0029	44,5	23	15° C.
NaCl	0,0044	61,2	24	15° C.
NH^4Cl	0,0030	66,7	25	15° C.
KCl	0,0025	45,0	18	19° 5 C.
KBr	0,0035	54,8	20	19° 5 C.
KJ	0.0047	86,7	37	19° 5 C.
BaCl	0,0023	33,6	14	15° C.
SrCl	0,0056	63,1	27	15° C.
CaCl	0,0128	125,5	51	15° C.
$\bar{C}i$	0,0045	64,9	22	15° C.
$\bar{T}$	0,0053	78,7	26	15° C.

*) Der Concentrationsgrad bezieht sich auf die Anzahl der Aequivalente, welche in 100 Einheiten Wassers gelöst sind.

Nicht weniger Interesse als die Thatsache, dass beim Vermischen zweier Lösungen immer eine Modification des mittleren Volumen eintritt, bietet die Erscheinung dar, dass auch die festen Körper bei ihrer Lösung immer eine Volumveränderung bedingen. Dieses Gesetz erstreckt sich nicht allein auf die Salze, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach auf alle löslichen Körper.

Der Zweck der folgenden Blätter ist, die Grösse dieser Volumveränderung und die hierdurch bedingte Modification des specifischen Gewichtes namentlich beim Lösen der Salze ins Auge zu fassen. Da ich ausser den Salzen nur wenig andere Körper*) mit in den Bereich dieser Betrachtungen ziehe, so werde ich im Folgenden auch nur von Salzlösungen sprechen.

Bei den Salzen hat man zwei verschiedene Zustände zu unterscheiden, in welchen sie in den Act der Lösung eingehen können, und zwar als wasserfreies Salz, oder als Salz, welches bereits Krystallwasser chemisch gebunden enthält.

a) Volumveränderung beim Lösen wasserfreier Salze.

Ist das specifische Gewicht eines Salzes bekannt, so lässt sich hieraus das Volumen berechnen, welches die Lösung des Salzes im Wasser einnehmen müsste, wenn beim Lösen des Salzes keine Modification Statt fände, und eben so lässt sich das hypothetische specifische Gewicht hieraus unter denselben Voraussetzungen ableiten.

Das hypothetische Volumen der Lösung findet man nach der Formel

$$\frac{a}{s} + V.$$

Das hypothetische specifische Gewicht nach der Formel

$$\frac{S}{\frac{a}{s} + V.}$$

In dieser Formel entspricht

a dem absoluten Gewicht des gelösten Salzes,

s dem specifischen Gewicht des gelösten Salzes,

V dem Volumen des Wassers,

S der Summe des absoluten Gewichtes des gelösten Salzes und des zur Lösung verwendeten Wassers.

---

*) KO; NaO; $\bar{T}$; $\bar{Ci}$.

Der Uebersicht halber sind die so berechneten hypothetischen Volumina mit den wirklich gefundenen Voluminibus, und ebenso die hypothetischen specifischen Gewichte mit den wirklich gefundenen specifischen Gewichten zum Vergleich tabellarisch zusammengestellt.

Colonne *A* enthält die in 100 Gewichtstheilen Wassers gelöste Menge Salz, und zwar beim Grade der Sättigung oder dessen Nähe:

a) die absoluten Gewichtstheile,

b) die relative Anzahl der Aequivalente.*)

Colonne *B* enthält die Temperaturverhältnisse, auf welche sich diese Löslichkeit, sowie die in Colonne *H* aufgeführten specifischen Gewichte beziehen.

Colonne *C* enthält das specifische Gewicht des ungelösten wasserfreien Salzes.

Colonne *D* den Namen des Beobachters dieser specifischen Gewichte.

Colonne *E* das berechnete hypothetische Volumen.**)

Colonne *F* das Volumen, welches die Salzlösungen wirklich einnehmen, wenn die zum Lösen verwendeten 100 Einheiten Wasser = 100 Volumina angenommen werden.***)

Colonne *G* das berechnete hypothetische specifische Gewicht.†)

Colonne *H* das wirklich gefundene specifische Gewicht.

---

*) $Ab = Aa \times \frac{100}{\text{Mischungsgewicht.}}$

**) $E = \frac{Aa}{C} + 100.$

***) $F = \frac{Aa + 100}{H}$

†) $G = \frac{Aa + 100}{E}$

Tabelle VIII.

Formel.	A a. Gewichts-theile.	A b. Aequiva-lente.	B	C	D	E	F	G	H
K Cl	33,156	44,463	15° C.	1,9153	*Karsten*	117,31	113,58	1,1351	1,17234
Na Cl	35,860	61,373	15° C.	2,0780	*Karsten*	117,26	112,80	1,1586	1,20433
$NH^4.Cl$	35,680	66,741	15° C.	{1,528	*Mohs*	123,35	126,03	1,1000	1,07658
				{1,50	*Kopp*	123,79		1,0961	
K Cl	33,57		19°5 C.	1,92	*Karsten*	117,30	113,98	1,1387	1,1718
K Br	65,29		19°5 C.	2,41	*Karsten*	127,09	121,42	1,3006	1,3613
K J	143,88		19°5 C.	2,908	*Karsten*	149,48	142,65	1,6315	1,7096
$KO.SO^3$	11,013	12,642	15° C.	2,6230	*Karsten*	104,20	102,50	1,0654	1,08305
$NaO.SO^3$	13,575	19,127	15° C.	2,6313	*Karsten*	105,16	102,16	1,0800	1,11170
$MgO.SO^3$	33,776	55,644	15° C.	2,6066	*Karsten*	112,96	103,86	1,1843	1,28802
$KO.CO^2$	108,44	156,90	15° C.	2,2643	*Karsten*	147,89	132,70	1,4094	1,57079
$NaO.CO^2$	16,764	31,648	15° C.	2,4659	*Karsten*	106,80	101,23	1,0934	1,15350
$KO.NO^5$	26,7		15° C.	2,1006	*Karsten*	112,71	110,74	1,1241	1,14417
$KO.NO^5$	27,37		19°5 C.	2,101	*Karsten*	113,03	111,20	1,1269	1,1455
$NaO.NO^5$	86,05		19°5 C.	2,26	*Karsten*	139,11	134,78	1,3374	1,3804
Ba Cl	35,080	33,573	15° C.	3,7037	*Karsten*	111,92	105,31	1,2069	1,28267
Sr Cl	50,101	63,115	15° C.	2,8038	*Karsten*	117,87	109,68	1,2734	1,36847
Ca Cl	68,509	123,529	15° C.	2,0401	*Karsten*	133,58	119,42	1,2615	1,41104
$PbO.NO^5$	59,02		19°5 C.	4,34	*Kopp*	113,60	109,74	1,3998	1,4490
$BaO.NO^5$	9,01		19°5 C.	3,19	*Karsten*	102,82	101,81	1,0602	1,0707
$SrO.NO^5$	63,48		19°5 C.	2.89	*Karsten*	121,96	116,26	1,3404	1,4062

Beim Vergleich der Colonne *E* und *F* sieht man, dass stets das wirkliche Volumen kleiner ist als das berechnete hypothetische Volumen.*)

---

*) Man kann daher nicht aus dem specifischen Gewicht einer Lösung das specifische Gewicht des gelösten Körpers ableiten, wenigstens nicht durch einfache Berechnung.

Brix berechnet aus den specifischen Gewichten der Zuckerlösungen das speci-

Beim Act der Lösung findet mithin bei allen wasserfreien Salzen eine Verdichtung Statt; die einzige Ausnahme betrifft den Salmiak.

Es ist einleuchtend, dass die hypothetischen Volumina der Lösungen, wenn man sie aus der Summe des Volumens des Salzes und einer sich constant bleibenden Wassermenge berechnet in ihrer graphischen Darstellung durch eine gerade Linie ihren Ausdruck finden. Combinirt man die Werthe *Ab* und *E* der Tabelle VIII und trägt man dieselben auf Taf. III ein, so lässt sich durch einfache Construction das mittlere hypothetische Gesammtvolumen der Lösung für alle Concentrationsgrade finden. Man erblickt dann beim Vergleich dieser hypothetischen Volumina mit den wirklichen Voluminibus für alle Concentrationsgrade die Contraction, welche beim Lösen der Salze in Wasser Statt gefunden hat. Diese graphische Darstellung des mittleren hypothetischen Gesammtvolumen ist auf Taf. III nicht eingetragen, um den Ueberblick der ohnediess sich oft kreuzenden Curven nicht noch mehr zu beschränken.

Wohl aber sei hier erwähnt, dass aus einem solchen Vergleiche sich folgende wichtige Thatsachen ergeben haben: (Vergl. über die Aenderung des Volumens, welche die Lösung wasserfreier Salze in Wasser, und die Verdünnung wässriger Salzlösung begleiten von *P. Kremers*. *Poggendorff*'s Annalen B. 96, S. 39.)

Die Contraction wächst stetig in allen Fällen, wenn in einer constant bleibenden Wassermenge eine stetig wachsende Anzahl gleicher Salzatome gelöst wird. Die Zunahme der Contraction steht indess keineswegs im einfachen Verhältniss mit der Zunahme gelöster Salzatome. Ist letztere eine stets gleiche, so ist erstere eine stetig abnehmende.

Es geht hieraus hervor, dass eine verhältnissmässig um so grössere Verdichtung beim Act des Lösens eintritt, je verdünnter die resultirende Salzlösung ist.

Bei einzelnen Gliedern ein und derselben Salzgruppe nimmt die

---

fische Gewicht des reinen Krystallzuckers und zwar nach der Methode der kleinsten Quadrate. Er berechnet es zu 1,557845 (*Muschenbrock* fand es durch directe Versuche zu 1,6060), Brix glaubt seinem Resultate den Vorzug geben zu müssen. S. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 33. Jahrgang 1854, S. 136.

Grösse der Contraction für ein und dieselbe Menge gelöster Salzatome zu, mit deren wachsendem Gewicht.

b) Volumveränderungen beim Lösen Krystallwasser enthaltender Salze.

Der Angaben über die specifischen Gewichte Krystallwasser haltender Salze besitzen wir nur wenige und zwar weichen die Bestimmungen für ein und dasselbe Salz oft sehr bedeutend ab. Ich kann mich daher nur auf wenig vorhandene Beobachtungen stützen.

In der beigegebenen Tabelle enthält

Colonne *A* die absolute Gewichtsmenge wasserfreien Salzes, welches in 100 Theilen Wassers gelöst ist, und zwar beim Grade der Sättigung oder dessen Nähe, bezüglich auf die Temperatur 15° C.

Colonne *B* die absolute Gewichtsmenge der hieraus abgeleiteten Mengen des krystallisirten Salzes und des Lösungswassers in ganz derselben Lösung wie *A*.

Colonne *C* enthält das specifische Gewicht des krystallisirten Salzes im ungelösten Zustande.

Colonne *D* den Namen des Beobachters dieses specifischen Gewichts.

Colonne *E* das aus dem specifischen Gewichte des krystallisirten Salzes berechnete hypothetische Volumen der Lösung *AB*.*)

Colonne *F* das Volumen, welches die Salzlösungen wirklich einnehmen.

---

*) $E = \frac{Ba}{C} + Bb$.

Tabelle IX.

Formel.	A		B		C	D	E	F
	a. wasserfreies Salz.	b. Wasser.	a. krystallisirtes Salz.	b. Wasser.				
$NaO.CO^2 + 10$ aq.	16,764	+100	45,247	+ 71,517	1,423 1,3591	*Haidinger* *Hassenfratz*	103,31 104,81	101,23
$NaO.SO^3 + 10$ aq.	13,575	+100	30,790	+ 82,785	1,481	*Mohs*	103,58	102,16
$MgO.SO^3 + 7$ aq.	33,776	+100	68,832	+ 64,944	1,751 1,6603	*Mohs* *Hassenfratz*	104,25 106,40	103,86
Mg.Cl + 6 aq.	53,863	+100	114,26	+ 39,603	1,560 1,601 1,7603	*John* *Thénard* *Hassenfratz*	112,84 110,97 104,51	115,33
Sr.Cl + 6 aq.	50,101	+100	84,183	+ 65,918	1,4402	*Hassenfratz*	124,37	109,68
Ba.Cl + 2 aq.	35,080	+100	41,146	+ 93,934	3,0497 2,8257	*Karsten* *Hassenfratz*	107,43 108,50	105,31
C̄ cryst.	108,57	+100	137,86	+ 70,71	1,617	*Richter*	155,97	159,51
T cryst.	103,94	+100	118,11	+ 85,83	1,750	*Richter*	153,32	154,27
NaO + HO	43,308	+100*)	55,893	+ 87,415	2	*Dalton*	115,36	100,29
KO + HO	39,451	+100*)	46,988	+ 92,463	2,1	*Dalton*	114,84	104,85

*) Diese Löslichkeitsverhältnisse sind den Tabellen *Tünnermann*'s entnommen, welche nicht bis zum Grade der Sättigung reichen.

Die Mischungsgewichte, welche vorstehender Tabelle zu Grunde liegen, sind:

$NaO . CO^2$ = 52,97	$NaO . CO^2 + 10$ aq. 142,97
$NaO . SO^3$ = 70,97	$NaO . SO^3 + 10$ aq. 160,97
$MgO . SO^3$ = 60,7	$MgO . SO^3 + 7$ aq. = 123,7
MgCl = 48,16	MgCl + 6 aq. = 102,16
SrCl = 79,38	SrCl + 6 aq. = 133,38
BaCl = 104,10	BaCl + 2 aq. = 122,10
$\bar{\text{Ci}}$ wasserfrei = 165,107	$\bar{\text{Ci}}$ cryst. = 210,099
$\bar{\text{T}}$ wasserfrei = 132,070	$\bar{\text{T}}$ „ = 150,067
NaO = 30,97	NaO + HO = 39,97
KO = 47,11	KO + HO = 56,11

Beim Vergleich der Colonne *E* und *F* stellt sich wiederum heraus, dass das aus dem specifischen Gewichte der krystallisirten Salze berechnete hypothetische Volumen in der Regel grösser ist, als das wirkliche gefundene, und es geht wiederum hieraus hervor, dass in der Regel beim Lösen Krystallwasser enthaltender Salze eine Contraction des Volumens eintritt. Ausnahmen hiervon bilden nach vorstehender Tabelle nur das krystallisirte Chlormagnesium (die krystallisirte Weinsäure und Citronensäure verhalten sich auch wie das eben genannte Salz); bei diesen letzteren drei Körpern tritt der Berechnung zur Folge Ausdehnung beim Lösen ein. Mit diesem Resultate stimmt auch sehr gut eine von mir beobachtete Thatsache überein, dass die Lösung des Chlorcalcium, mithin desjenigen Salzes, welches dem Chlormagnesium am nächsten steht, während des Krystallisirens ihr Volumen verringert. Beim Lösen der Krystalle von CaCl + 6 aq. muss mithin ebenfalls eine Vergrösserung des Volumens eintreten. Die beim Lösen dieser beiden Salze eintretende Kälteerzeugung kann keineswegs zur Erklärung dieser Erscheinung wenigstens nicht allein dienen, da alle Krystallwasser enthaltende Salze beim Lösen in Wasser Kälte entwickeln, und doch in den allermeisten Fällen Volumverringerung beim Lösungsact zur Folge haben.

Werden die Volumina, welche in Colonne *E* der vorstehenden Tabelle IX enthalten sind, mit den Voluminibus der Colonne *E* der Tabelle VIII verglichen, so findet man, dass das aus den specifischen Gewichten der krystallisirten Salze berechnete hypothetische Volumen der Lösungen immer kleiner ist als das aus den specifischen Gewichten der wasserfreien Salze berechnete hypothetische Volumen derselben Lösung.

Eine Ausnahme findet nur Statt beim Chlorstrontium; indess

möchte mit Recht das von *Hassenfratz* zu 1,4402 bestimmte specifische Gewicht des SrCl + 6 aq. etwas sehr auffallend klein erscheinen.

Berechnetes Volumen aus dem specifischen Gewicht des wasserfreien Salzes.		Berechnetes Volumen aus dem specifischen Gewicht des krystallisirten Salzes.		Gefundenes Volumen.
$NaO.CO^2$	106,80	$NaO.CO^2 + 10$ aq.	103,31	101,23
$NaO.SO^3$	105,16	$NaO.SO^3 + 10$ aq.	103,58	102,16
$MgO.SO^3$	112,96	$MgO.SO^3 + 7$ aq.	104,25	103,86
SrCl	117,87	SrCl + 6 aq.	124,37	109,68
BaCl	109,47	BaCl + 2 aq.	107,43	105,31

Hieraus lässt sich entnehmen, dass die Atome der wasserfreien Salze, während sie Krystallwasser chemisch binden, ihr Volumen verringern, dass die Contraction aber am grössten ist, wenn dieselben Atome den Act der Lösung eingehen.

Nach *Playfair* und *Joule* nimmt das krystallisirte kohlensaure Natron ($NaO.CO^2 + 10$ aq.), ebenso wie die arsensauren und phosphorsauren Salze mit 24 Atom Krystallwasser, dasselbe Volumen ein, welches Krystallwasser als Eis einnehmen würde, so dass weder Basis noch Säure einen wirklichen Raum einnehmen. Dieselben Physiker geben an, dass das krystallisirte schwefelsaure Natron ($NaO.SO^2 +$ 10 aq.) denselben Raum einnehme, welchen die Basis und das Krystallwasser als Eis gedacht einnehmen würden, so dass die Säure räumlich verschwunden scheint. Dasselbe Verhalten führen sie an u. a. bei den Alaunen, dem Borax, dem pyrophosphorsauren Natron und der schwefelsauren Talkerde.*)

Werfen wir einen Blick zurück auf die Resultate, welche bei der Betrachtung der Volumveränderungen gewonnen wurden, von denen die Lösungen der Salze begleitet sind, so lassen sich folgende Sätze feststellen:

1) Die Atome der Salze haben das grösste Volumen im wasserfreien Zustande.**)

*) Vergleiche Handbuch der anorganischen Chemie von *Gmelin*, 5. Aufl., Bd. I, Seite 81.

**) Ist die specifische Gewichtsbestimmung *Hassenfratz*'s richtig, so hat das Atom SrCl im krystallisirten Zustande (SrCl + 6 aq.) ein grösseres Volumen als im wasserfreien Zustande.

2) Die Atome der Salze verringern ihr Volumen, sobald sie chemisch Krystallwasser binden.*)

3) Die Atome der Salze haben das kleinste Volumen, wenn sie sich in Lösung befinden.**)

Schliesslich möchte ich nur kurz darauf hinweisen, wie die graphische Darstellung der Volumina auf Tafel III sehr geeignet erscheint, die Volumveränderungen zu veranschaulichen, welche eintreten, wenn sich gleiche Aequivalente Säuren und Alkalien in Lösung zu einem Salze vereinigen.

Wir entnehmen aus der Tafel III, dass 15 Aequivalente***) NaO in 100 Gewichtstheilen Wassers gelöst 98,6 Volumina einnehmen (100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina). 15 Aequivalente SO^3 in 100 Gewichtstheilen Wassers gelöst haben ein Volumen = 101,25. Werden diese Lösungen gemischt, so erhält man eine Lösung, welche in 200 Gewichtstheilen Wasser 15 Aequivalente $NaO . SO^3$ enthält, oder in 100 Gewichtstheilen 7,5 Aequivalente. Wenn keine Volumveränderung beim Mischen dieser Lösungen Statt fände, würde das Volumen derselben sein $\frac{98,6 + 101,25}{2} = 99,925$. In Wahrheit nimmt eine solche Lösung aber 100,7 Volumina ein, wie man aus Taf. III ersieht.

Eine Lösung von 30 Atomen NaO in 100 Theilen Wassers hat das Volumen 97,2.

Eine Lösung von 30 Atomen SO^3 in 100 Theilen Wassers hat das Volumen 102,65.

Die Mischung müsste mithin $\frac{97,2 + 102,65}{2} = 99,925$ Volumina einnehmen. Eine Lösung von 15 Atomen $NaO . SO^3$ in 100 Theilen Wasser nimmt aber 101,6 Volumina ein.

Eine Lösung von 24 Atomen KO in 100 Theilen Wassers hat das Volumen 101,2.

---

*) SrCl + 6 aq. würde die einzige bis jetzt bekannte Ausnahme sein.

**) Der Salmiak vergrössert sein Volumen beim Lösen in Wasser, als einzige Ausnahme bei wasserfreien Salzen. Von Krystallwasser haltenden Salzen bilden Ausnahmen MgCl + 6 aq. und CaCl + 6 aq.; hier haben die Atome MgCl und CaCl ein grösseres Volumen in dem Krystallwasser haltenden Salze, als in einer wässrigen Lösung. (Auch die krystallisirte Citronensäure und Weinsäure würden sich diesen Ausnahmen anschliessen.)

***) Absolutes Gewicht × Mischungsgewicht $\left(H = \frac{1}{100}\right)$.

Eine Lösung von 24 Atomen SO^3 in 100 Theilen Wassers hat das Volumen 102,1.

Die Mischung müsste mithin $\frac{101,2 + 102,1}{2} = 101,65$ Volumina einnehmen. Eine Lösung von 12 Atomen $KO.SO^3$ in 100 Theilen Wasser nimmt aber 102,4 Volumina ein.

Eine ähnliche Vermehrung des Volumens tritt ein, wenn die Lösungen von KO oder NaO mit Salpetersäure gesättigt werden. Bei der grossen Verdichtung, welche beim Lösen von Kali und Natron in Wasser Statt findet, und welche anderer Seits beim Lösen der Säuren in Wasser Statt zu haben scheint, liegt die Vermuthung nahe, dass sich meistens eine Volumvermehrung herausstellen wird, wenn Säuren in Lösungen sich mit Alkalien in Lösungen verbinden.

Beim Sättigen des Ammoniakliquors mit Salzsäure finden wir durch Berechnung, dass eine Contraction Statt findet.

Leider ist diese Betrachtungsweise nur für die Salze der Alkalien zulässig, und auch hier fehlt es vor der Hand an wirklich zuverlässigen specifischen Gewichtsbestimmungen*), welche genauen Berechnungen der Volumina zu Grunde gelegt werden können; ich muss mich daher begnügen, diese Betrachtungsweise nur angedeutet zu haben.

---

*) Ich erinnere an die Verschiedenheit der specifischen Gewichts-Angaben von *Tünnermann* und *Dalton* bei gleichem Gehalte der Natron- und Kalilauge.

Ueber die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme.

Wenn sich in neuerer Zeit die Physiker vielfach mit Untersuchungen über die Ausdehnungen von Flüssigkeiten beschäftigt haben, so beschränken sich diese Untersuchungen doch hauptsächlich auf organische Stoffe.

Kopp,*) *Schröder*, *Frankenheim*,**) namentlich auch *Pierre*,***) früher auch *Dalton*, *De Luc* u. A. haben die Ausdehnungsverhältnisse fast aller organischen Säuren, Aldehyde, Aetherarten, fetter und ätherischer Oele bestimmt. Von anorganischen Flüssigkeiten bestimmte *Thomson* †) die Ausdehnungsverhältnisse der Schwefelsäure und Salpetersäure; *Munke* bestimmte ebenfalls die Ausdehnung der Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1,836 . 12° 5 C.), der Salpetersäure (specifisches Gewicht 1,4405), der Salzsäure (specifisches Gewicht 1,1978 . 12° 5 C.), der Ammoniakflüssigkeit (specifisches Gewicht 0,9465 . 12° 5 C.); auch *Dalton* lieferte einzelne Angaben über die Ausdehnung des Vitriolöls, der Salzsäure (specifisches Gewicht 1,137), der Salpetersäure (specifisches Gewicht 1,40). *Kopp* ††) bestimmte die Ausdehnung einer Kalilösung (specifisches Gewicht 1,2738).

Das Verhalten der Ausdehnungen von gleichnamigen †††) Salzlösungen bei verschiedenen Concentrationsgraden ist meines Wissens

---

*) *Poggendorff*'s Annalen B. 72. Annalen der Chem. u. Pharmac. B. 64, S. 212.

**) *Poggendorff*'s Annalen B. 72, S. 425.

***) Annal. de Chim. et de Phys., Sér. III, T. XV, p. 325; T. XIX, p. 193; T. XX, p. 5; Compt. rend. T. XXIII.

†) System der Chemie, Berlin 1805, B. I, S. 451.

††) *Poggendorff*'s Annal. B. 72.

†††) Unter gleichnamigen Lösungen verstehe ich solche, welche ein und dasselbe Salz gelöst enthalten.

noch nie einer Betrachtung unterzogen worden mit alleiniger Ausnahme der Kochsalzlösungen, worüber *Bischoff* Angaben geliefert hat.*)

Von allen flüssigen Körpern ist am häufigsten die Ausdehnung des Wassers untersucht worden. Die grossen Schwierigkeiten, welche sich den genauen Beobachtungen der Ausdehnungsverhältnisse flüssiger Körper entgegenstellen, sind die Ursache, weshalb wir selbst unter den Angaben der grössten Physiker nicht unerhebliche Unterschiede finden. Namentlich hat die nähere Bestimmung der Lage und der Grösse des Dichtigkeitsmaximum vielfache Versuche veranlasst. Nach *Despretz***) soll das Wasser sich unterhalb seines Dichtigkeitsmaximum stärker ausdehnen, als über demselben, *Munke* will die entgegengesetzte Erscheinung wahrgenommen haben; beider Ansichten sind durch die vortreffliche Arbeit von *Plücker* und *Geissler****) (vielleicht die genaueste, welche die Wissenschaft über diesen Gegenstand besitzt) widerlegt.

Der Temperaturgrad, bei welchem das Dichtigkeitsmaximum eintritt ist nach *Hallström's* früheren Angaben†) 4,108° C., als Mittel seiner eigenen und fremder Versuche. *Despretz* ††) bestimmte das Maximum der Dichte bei 4,007° C.; später fand es *Hallström* †††) ebenfalls bei 4,004° C. *Joule* und *Playfair* geben die Temperatur von 3,945° C. an. Nach den Versuchen von *Plücker* und *Geissler* ist es bei 3,8° C. zu suchen. Die grosse Anzahl von Versuchen, welche über diesen interessanten Gegenstand vorliegen, haben eine Menge widersprechender Resultate zur Folge gehabt. Der Grund dieser Abweichungen mag theils in der ausserordentlichen Schwierigkeit genauer Beobachtungen liegen, theils in den verschiedenen Wegen, welche zur Ermittelung dieser Thatsache eingeschlagen worden sind. *Karsten**†) glaubte ihn in dem verschiedenen Barometer- und Hygrometerstand suchen zu müssen und *Biot***†) glaubt ihn in der Unvoll-

---

*) Die Abhandlung von *P Kremers*: Ueber die Aenderung, welche die Modification des mittlern Volumens gelöster Salzatome durch Aenderung der Temperatur erleidet (*Poggendorff's* Annalen B. 100 S. 394) erschien erst nach dem Schlusse meiner Arbeit.

**) Compt. rend 1837. — *Poggendorff's* Annalen, Bd. 41, S. 58.

***) *Poggendorff's* Annalen, Bd. 86, S. 238.

†) *Poggendorff's* Annalen, Bd. I, S. 129.

††) Annal. de Chim. et de Phys., T. LXX (1839). — *Poggendorff*, Bd. 72.

†††) Vergl. *Poggendorff's* Ann., Bd. 85, S. 530.

*†) *Karstens* Grundriss der Experimentalphysik, Bd. II, S. 637.

**†) Traité de Physique, T. I, pag. 263.

kommenheit der Thermometer zu erkennen, gewiss nicht mit Unrecht sucht man ihn in sehr vielen Fällen in der Anwendung eines falschen Ausdehnungscoëfficienten für das Glas. Wenn man früher von der Ansicht ausging, dass alle Glassorten sich gleichmässig ausdehnten, so haben die Versuche *Hallström*'s, später auch *Regnault*'s nicht nur nachgewiesen, dass die Ausdehnung des Glases mit den Temperaturen wächst, sondern dass verschiedene Glassorten sich auch verschieden ausdehnen. *Regnault* fand für die meisten französischen Gläser den cubischen Ausdehnungscoëfficienten = 0,00254*) bis 0,00261; *Pierre* fand ihn bei seinen in Anwendung gezogenen Apparaten 0,002002 bis 0,00244 u. s. w. Einen anderen Grund für die Abweichung jener Untersuchungen, welche die Lage des Dichtigkeitsmaximum beim Wasser festzustellen beabsichtigten, wird man bei der Anwendung thermometerartiger Instrumente gewiss darin erblicken können, dass das Glas bereits die Temperatur des umgebenden Bades angenommen hatte und sein Volumen veränderte, während das Wasser, welches man untersuchte, diese Temperatur noch nicht vollkommen erreicht hatte, eine Vermuthung, welche um so eher begründet erscheinen kann, als das Glas ein bei Weitem besserer Wärmeleiter ist, als das Wasser, und ohnedies die Temperatureinflüsse, weil sie von Aussen kommen, sich erst auf das Glas erstrecken müssen, ehe sie sich dem Wasser mittheilen können.

De Luc,**) welcher sich zuerst mit dem Dichtigkeitsmaximum des Wassers beschäftigt zu haben scheint, bediente sich zu dessen Ermittelung thermometerartiger Instrumente, ebenso *Biot*,***) *Despretz*, *Dalton*, *Hallström* in seinen späteren Untersuchungen, *Pierre*,†) *Kopp*,††) ferner *Plücker* und *Geissler*, *Munke* und *Stampfer*. Der Gewichtsthermometer bedienten sich *Blagden* und *Gilbin*. Die hydrostatische Waage wendete *Hallström* an, später auch *Joule* und *Playfair*. Der Aräometer bedienten sich *Schmidt* und *Charles*. *Lefevre-Gineau*†††) wägt einen hohlen Messingcylinder in Wasser von verschiedenen Temperaturen. *Bischof**†) wägt eine hohle Glaskugel und hat auch das *Gilbin*'sche Verfahren angewendet. Graf

---

*) Für das Temperaturintervall von 0^0 C. bis 100^0 C.

**) Untersuchungen über die athmosphärische Luft, Leipzig 1776, Bd. I, S. 424 u. 513.

***) *Biot*'s Traité, S. 234 u. 423.

†) Annal. de Chim. et de Phys. (November- und Decemberheft 1845).

††) *Poggendorff*'s Annalen. Bd. 72, S. 45.

†††) *Biot*'s Traité, T. I, S. 203 u. 263.

*†) *Gilbert*'s Annalen, Bd. 35.

*Rumford**) erwärmte Wasser von Oben und ermittelte die Temperatur der untersten Schichten. Endlich haben *Tralles,***) *Hoppe,****) *Eckstrand*, später auch *Hallström* 2 Thermometer in Wasser von 0° C. eingehangen, von denen das eine die Temperatur der oberen, das andere die der tiefsten Schicht bestimmte; wenn beide Thermometer gleiche Temperatur zeigten, mithin keine Circulation Statt fand, war das Maximum der Dichte erreicht.

Nachdem das Vorhandensein eines Dichtigkeitsmaximum beim Wasser schon lange bekannt war, regte sich die Frage, ob auch Salzlösungen, namentlich Meerwasser ein solches aufzuweisen hätten. *Marcet* in Genf und *Ermann* in Berlin (letzterer auf von *Humboldt's* Veranlassung) haben sich mit der Beantwortung dieser Frage befasst, auch *Munke* und *Wrangel* stellten Versuche hierüber an, besonders aber hat *Despretz* ausführlich sich damit beschäftigt. Nach *Despretz* †) zeigen Lösungen von 3,759 Theilen folgender Stoffe in 100 Theilen Wasser gelöst, bei folgenden Temperaturgraden das Maximum der Dichte und den Gefrierpunkt beim Schütteln:

Formel.	Temperaturgrade, bei welchen das Maximum der Dichtigkeit eintritt.	Temperaturgrade, bei welchen die Lösungen beim Schütteln gefrieren.
KO	minus 5,64° C.	minus 2,10° C.
$KO.CO^2$	— 3,95° „	— 3,21° „
$KO.SO^3$	— 2,28° „	— 2,09° „
$NaO.CO^2$	— 7,01° „	— 2,85° „
$NaO.SO^3$	— 4,33° „	— 2,30° „
Ca Cl	— 3,92° „	— 3,92° „
$CuO.SO^3$	— 0,62° „	— 1,32° „

Beim Meerwasser (specif. Gewicht = 1,0273 bei 20° C.) giebt *Despretz* die Temperatur minus 3,67° C. an, bei welcher das Maximum der Dichtigkeit eintritt. Den Gefrierpunkt des Meerwasser bestimmte *Despretz* aus 12 Versuchen zu minus 2,55° C. Für Kochsalzlösungen fand *Despretz* folgende Temperaturgrade, bei welchen das Maximum der Dichtigkeit eintritt:

*) *Gilbert's* Annalen, Bd. 27.
**) *Gilbert's* Annalen, Bd. 27.
***) *Biot's* Traité, T. I, pag. 261.
†) Compt. rend. 1837, II, pag. 19 (im Auszug *Poggendorff's* Annal., Bd. 41, S. 492).

	Temperatur, bei welchen d. Maximum der Dichtigkeit eintritt.
12,364 Th. NaCl auf 997,45 Th. Wass. (sp. G. 1,009 bei 6,26° C.)	+1,19°
24,692 „ „ „ „ 997,45 „ „ („ „ 1,018 „ 6,26° C.)	—1,69°
37,039 „ „ „ „ 997,45 „ „ („ „ 1,027 „ 6,60° C.)	—4,75°
74,078 „ „ „ „ 997,45 „ „	—16° circa.

Despretz behauptet, dass es weder die löslichsten, noch die, den Frostpunkt am meisten verzögernden Salze sind, welche das Maximum der Dichte auf tiefere Temperaturen herabsetzen. Der Frostpunkt der Salzlösungen liegt tiefer, als bei reinem Wasser; auch tritt er zu verschiedenen Graden ein, ein eingehaltenes Thermometer steigt aber beim Gefrieren ein und derselben Lösung stets genau bis zu demselben Punkt. *Despretz* definirt daher den Gefrierpunkt als eine stationäre und constante Temperatur eines und desselben Körpers, wie sie das Thermometer anzeigt, wenn die Erstarrung beginnt, oder vielmehr begonnen hat. So definirt ist der Gefrierpunkt gleich dem Schmelzpunkte.*) Diese Arbeit schliesst *Despretz* mit den Resultaten, dass

1) Meerwasser und alle wässerigen, weingeistigen, salzigen, sauren und alkalischen Flüssigkeiten ein Maximum der Dichte haben,
2) dass dieses Maximum schneller herabsinkt, als der Frostpunkt, dessen Veränderung, wie die der Dichte beinahe der Menge der, dem Wasser zugefügten Substanz proportional ist.

---

*) *Thomson* hat später nachgewiesen, dass der Erstarrungspunkt der Flüssigkeiten abhängig ist von dem auf ihnen lastenden Druck und dass der Gefrierpunkt des Wassers z. B. durch Hinzufügung von 12 Atmosphären zu dem Drucke einer Atmosphäre um 0,0075° C. sinken müsse.

Eigene Beobachtungen über die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme.

Zur Bestimmung der Ausdehnung des Wassers und einiger Lösungen wurde ein Apparat angewendet, welchen ich mir von Herrn *Geissler* in Bonn hatte anfertigen lassen. Es ist der Taf. I, Fig. *A* abgebildete. Der Apparat besteht aus einem Fläschchen von dünnem Glas, welches bei *A* mit einem sehr gut eingeschliffenen Thermometer verschlossen, und auf dessen andere Oeffnung *B* eine oben offene Glasröhre aufgesetzt werden kann. Diese Röhre war von dem Nullpunkt an in Theilstriche getheilt, von denen jeder genau dem $^1/_{10000}$ Theile des Volums entsprach, welches das Fläschchen bis zum Nullpunkt angefüllt bei 0° C. fasste. Der Thermometer war von grosser Empfindlichkeit und jeder Grad Celsius war auf dessen Scala in $^1/_5$ Grade getheilt. Er zeigte die Temperaturen bis 52° Celsius.

Beim Gebrauch wurde das Glas mit luftfreiem Wasser, oder einer luftfreien Salzlösung gefüllt und hierauf in schmelzendes Eis gestellt, bis die Temperatur der Flüssigkeit auf 0° C. gesunken war. Nach dem Aufsetzen der Glasröhre wurde das Fläschchen mit dem Thermometer verschlossen und der Stand der Flüssigkeit auf den Theilstrich 0 hergestellt. Durch die Ausdehnung der Flüssigkeit beim Erwärmen musste sich der Stand der Flüssigkeit in der Glasröhre ändern und durch Vergleich der Wärmegrade, welche das, in die Flüssigkeit selbst tauchende Thermometer zeigte, und des Standes der Flüssigkeit in der Röhre, wurden die Resultate erhalten, welche hier aufgezeichnet wurden. Mit diesem Apparate konnte natürlich nur die scheinbare Ausdehnung der Flüssigkeit ermittelt werden, da das Glas selbst sein Volumen durch die Wärme ändert, und seine Capacität vermehrt. Die erhaltenen Resultate haben demnach noch einer Correctur in dieser Hinsicht unterworfen werden müssen.

Der in Rechnung gezogene cubische Ausdehnungscoëfficient*) des Glases ist der von *Dulong* und *Petit* bestimmte = 0,002586.

Der Umstand, dass ich mit diesem Apparate nur die Volumveränderungen bis 52° C. beobachten konnte und die scheinbaren Widersprüche, zu welchen mich meine Resultate führten, namentlich die befremdende Eigenthümlichkeit, dass eine 25procentige, schwefelsaure Magnesia-Lösung bei 24°,4 C. dasselbe Volumen erreichte, als eine 20procentige Lösung dieses Salzes bei derselben Temperatur, veranlassten mich die Ausdehnung auch bis zu höheren Temperaturen zu verfolgen und so entstanden die Apparate *B*, *C*, *D*, *E*, *G*, *H*, *K*, welche Tafel I, Fig. *B* in $1/_3$ linearer Grösse dargestellt sind. Ein solcher Apparat besteht in einem schmalen, cylindrischen Fläschchen mit tief und sorgfältig eingeriebenem Glasstopfen, welcher aus einer Thermometerröhre gefertigt ist, deren Verlängerung bei *y* eine weitere oben offene Thermometerröhre bildet. Das Instrument ist auf einem Gestell von verzinntem Eisenblech befestigt; der langen Röhre diente ein Holzstab zur Unterlage.

Um eines Theils dem Uebelstande zu entgehen, dass die wässerige Flüssigkeit selbst in der engen Röhre auf- und absteige, anderntheils um sofort die wahre Ausdehnung selbst ablesen zu können, und nicht bloss die scheinbare Ausdehnung zu erhalten, welche jedesmal durch Rechnung in die wahre umgesetzt werden musste, habe ich bei diesen Apparaten die Ausdehnung des Glases durch Quecksilber compensirt.

Das Fläschchen wurde zu diesem Zwecke bei einer beliebigen, aber gemessenen Temperatur mit Quecksilber ausgewogen, aus dem Gewichte und der Temperatur berechnet, wieviel es bei 0° C. gefasst haben würde (unter Zugrundelegung der *Dulong-Petit*'schen Ausdehnungscoëfficienten für das Glas = 0,002586, für das Quecksilber 0,018018), und von diesem Gewichte die Quecksilbermenge abgeleitet, welche zur Compensation der Glasausdehnung erforderlich war.**) Nach Abzug

---

*) Der Ausdehnungscoëfficient bezieht sich auf das Temperaturintervall von 0° bis 100° C.

**) Durch Multiplication des Quecksilbergewichtes, welches das Fläschchen bei 0° C. fasste, mit dem Bruche $\frac{0,002586}{0,018018}$ = 0,143523 wurde das zur Compensation nöthige Gewicht Quecksilber gefunden. Ich habe umsomehr den von *Dulong* und *Petit* gefundenen Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers benutzen zu müssen geglaubt, und nicht den später von *Regnault* bestimmten, als bekanntlich diese Physiker von ihrem Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers ausgehend, denjenigen des Glases berechnet haben.

dieses Gewichtes von demjenigen Gewichte, welches der Capacität des Glases bei 0° C. entsprach, wurde das Gewicht derjenigen Quecksilbermenge gefunden, welche dem Volumen für die zu untersuchende Flüssigkeit gleich kam.

Jeder Theilstrich der hinter der langen Glasröhre angebrachten Scala entsprach dem $^1/_{10000}$ Theil dieses letzgenannten Volumen.

Die Ausmittelung des Inhaltsverhältnisses der Röhre zu dem Inhalte des Fläschchen (resp. des letztgenannten Volumen) wurde ebenfalls durch Auswägen mittelst Quecksilber vorgenommen und die Temperatur dabei genau berücksichtigt. Die Röhren wurden sämmtlich von eigener Hand caliberirt durch Hindurchführung eines Quecksilberfadens, dessen Abstände mittelst Feilstriche bezeichnet wurden. Es hat seine grossen Schwierigkeiten, dieses Verhältniss der beiderseitigen Inhalte genau festzustellen, ich habe mich daher nie mit einer einmaligen Wägung begnügt, und die tiefer liegenden Theilstriche noch dadurch bestimmt, dass ich die Apparate bei 0° C. bis zum Null-Punkt mit Quecksilber füllte, den so gefüllten Apparat in das Bad brachte und den Stand des Quecksilbers bei den Temperaturveränderungen aufzeichnete. Da die Ausdehnung des Quecksilbers bekannt ist, lässt sich durch dieses Verfahren unter Berücksichtigung der Glasausdehnung, das Verhältniss am genauesten feststellen.

Beim Gebrauche wurden hier sowohl, als bei dem früher erwähnten Apparate *A* nur luftfreie Flüssigkeiten angewendet. Dieser Umstand ist wohl zu beachten, und war hier von um so grösserer Nothwendigkeit, als diese Apparate zur Messung der Ausdehnung bei höheren Temperaturen dienen sollten. Die Abweichungen zwischen der Ausdehnung lufthaltiger und luftfreier Flüssigkeiten im eingeschlossenen Raume (so wie es bei diesen Apparaten der Fall ist) ist sehr bedeutend, da bei Gegenwart von Luft sich Dämpfe bilden. Die Resultate werden mithin verfälscht durch die Spannung der Dämpfe bei den verschiedenen Temperaturen. Die möglichste Befreiung von Luft wurde einfach beim Wasser durch Auskochen bewerkstelligt; bei den Salzlösungen hingegen wurde das Fläschchen mit der betreffenden Lösung gefüllt, dann die zur Compensation der Glasausdehnung erforderliche Menge Quecksilber zugegeben und kurze Zeit (2 Minuten) in kochendes Wasser gestellt. Die Flüssigkeit erwärmte sich schnell und die an den Wänden des Glases haftende Luft wurde durch Umschütteln zum Entweichen gebracht;*) ehe auf diese

*) Je concentrirter die Salzlösungen sind, um so weniger Luft enthalten dieselben.

Weise durch Verdunstung eine nur irgend nennenswerthe Concentration Statt finden konnte, wurde das Glas sofort in schmelzendes Eis gestellt, und wenn ein eingehaltenes Thermometer auf 0° C. stand, wurde das Glas mit der Röhre verschlossen und der Apparat in die umgekehrte Lage gebracht. Ich habe mich stets gehütet, durch Berührung mit den Händen die Temperatur des Glases vor dem Umkehren des Apparates zu erhöhen. Der so bei 0° C. gefüllte Apparat wurde in das erwärmende Wasser-Bad gebracht und der Stand des Quecksilbers in der Röhre bei den verschiedenen Temperaturen aufgezeichnet.

Bei diesen Apparaten tauchte das Thermometer, welches die Temperaturgrade angab, nicht in die zu untersuchende Flüssigkeit selbst, sondern in das Bad. Es leitete mich hierbei die Ansicht, dass die Flüssigkeiten, nachdem sie längere Zeit in diesem Bade gestanden hatten, selbst die Temperatur des Bades angenommen haben mussten. Ich habe hierbei noch die Vorsichtsmassregel gebraucht, vor jedesmaliger Beobachtung das Bad gut umzurühren. Es erschien dies nöthig, da namentlich bei höheren Temperaturen die Strömungen im Bade nicht unbedeutend waren. Es ist ferner zu erwähnen, dass die Länge der Röhre bei den meisten dieser Apparate 28″ überstieg, dass mithin bei hohen Temperaturen auf die Flüssigkeit eine Quecksilbersäule drückte, welche dem Drucke einer Atmosphäre gleich kam, oder auch zuweilen noch überstieg. Bei der sehr geringen Fähigkeit der tropfbaren Flüssigkeiten durch Druck comprimirt zu werden, ist indess der hierdurch entstehende Fehler gleich Null zu setzen.*)

Zur Bestimmung der Ausdehnungen von Flüssigkeiten hat bekanntlich *Gay-Lussac* einen sehr einfachen Apparat in Vorschlag gebracht, es ist der auf Taf. I, Fig. *C* abgebildete Gewichtsthermometer. Er besteht nur aus einem Fläschchen, dessen Hals an einer Stelle zu einer dünnen Oeffnung ausgezogen wurde. Beim Gebrauch wird das Glas bei 0° C. (oder jeder beliebigen, aber gemessenen Temperatur) mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und der Stand der Flüssigkeit mittelst einer kleinen gläsernen Pipette bis genau an einen angebrachten Theilstrich in der engen Oeffnung hergestellt; der so gefüllte Apparat wird gewogen und in ein Bad von

*) Nach *Oerstedt*'s Versuchen drückt jeder Atmosphärendruck das Wasser um 0,000046095 seines Volumen zusammen und erhöht dabei die Temperatur des Wassers um $^1/_{40}$ Grad Celsius. Vergl. ferner die Versuche über denselben Gegenstand von *Grassi* Compt. rend., August 1848, übertragen in *Dingler*'s Journal, Bd. 110, S. 31.

bestimmter Temperatur gebracht. Nach längerem Stehen in diesem Bade nimmt der Inhalt des Fläschchens die Temperatur des Bades selbst an, die Flüssigkeit dehnt sich aus und tritt in den oberen Theil des Fläschchens, der Stand der Flüssigkeit wird durch Hinwegnahme der übergetretenen Flüssigkeit mittelst der Pipette bis wieder genau zum Theilstrich hergestellt und das Fläschchen nach dem Erkalten wiederum gewogen. Nach Abzug der Tara lässt sich aus dem Verhalten des Gewichtes der Flüssigkeit vor und nach dem Erwärmen die Ausdehnung derselben leicht berechnen. Es muss natürlich hierbei die cubische Ausdehnnng des Glasgefässes selbst Berücksichtigung finden.

Ich habe mich indess durch Versuche überzeugt, wie schwierig es ist bei Salzlösungen und überhaupt concentrationsfähigen Flüssigkeiten mit diesem Apparate genaue und übereinstimmende Resultate zu erzielen. Man hat keine sichere Garantie, dass der Inhalt des Fläschchens genau die Temperatur des Bades angenommen hat, da durch die enge Oeffnung des Fläschchens kein Thermometer gehalten werden kann. Durch längeres Stehen in dem Bade aber, namentlich wenn dasselbe eine sehr hohe Temperatur hat, wird eine geringe Verdunstung und mithin Erhöhung des specifischen Gewichtes der Lösung unvermeidlich, und doch reichen wenige Augenblicke nicht aus, wenn man sicher auf die Annahme der Temperatur rechnen will. Es ist sehr schwierig, den oberen Raum, da er meistens etwas eng ist, vollkommen trocken herzustellen, Feuchtigkeit wird aber stets beim Wägen zu Unrichtigkeiten Veranlassung geben. So einfach mithin dieser Apparat ist, wird seine Anwendung immer eine beschränkte bleiben.

Ueber die Ausdehnung des Wassers bei Temperaturerhöhung.

Das grosse Interesse eines Theils, welches die Ausdehnungsverhältnisse des Wassers für sich haben, anderen Theils die gebotene Gelegenheit, die mit den beschriebenen Apparaten erhaltenen Resultate mit denen anderer Beobachter vergleichen zu können, haben mich veranlasst, die Ausdehnung des Wassers zu bestimmen. Die Eigenthümlichkeit der Ausdehnungscurve des Wassers über 0° C. ein Dichtigkeitsmaximum zu haben, bietet zu grosses Interesse, als dass ich dieser Erscheinung nicht ebenfalls einige Versuchsreihen geschenkt haben sollte.

Zu diesem Zwecke wurde der Apparat *A* mit ausgekochtem destillirtem Wasser gefüllt und die Temperatur desselben durch Stellen in schmelzendes Eis auf 0° C. gebracht. Der Stand der Flüssigkeit wurde nicht auf den Theilstrich 0, sondern auf den Theilstrich 6 hergestellt, da unterhalb des Nullpunktes die Röhre nicht mehr eingetheilt war. Die Resultate waren mithin hiernach zu corrigiren. Bei der Beobachtung wurde der auf 0° C. erkaltete Apparat in Eiswasser gestellt und dieses Bad der Einwirkung der wärmeren Atmosphäre überlassen; es nahm nach und nach (innerhalb mehrerer Stunden) die Temperatur der Umgebung an, und mit ihm der Apparat selbst.

Die Ausdehnung des Wassers in der Nähe seiner grössten Dichtigkeit ist allerdings so ungemein gering, dass die Anwendung dieses Apparates kaum statthaft erschien; hierbei muss noch erwähnt werden, dass die Resultate nur mittelst der Erwärmungsmethode erhalten wurden, während das Mittel aus der Erwärmungs- und Erkaltungsmethode der Wahrheit jedenfalls noch näher gekommen wäre. Zu dieser Ansicht sehe ich mich um so mehr veranlasst, als auch *Hallström* beim Erwärmen das Maximum der Dichte bei einer niedrigeren Temperatur eintreten sah, als beim Erkalten. Bei der äusserst geringen Volumveränderung des Wassers in der Nähe seiner grössten Dichtigkeit ist der Einfluss der Glasausdehnung überwiegend gross und es hat die grösste Wahrscheinlichkeit für sich, dass bei der Erwärmungsmethode das Glas bereits seine Temperatur um den Bruchtheil eines Wärmegrades erhöhte, als das Wasser diese Temperatur noch nicht annehmen konnte; während bei der Erkaltungsmethode leicht der entgegengesetzte Fall eintreten wird.

Beobachtungen über die Ausdehung des Wassers in der Nähe seiner grössten Dichte.

Die Füllung des Apparates wurde zu diesem Zwecke bis zum sechsten Theilstrich der Röhre bewerkstelligt.

I. Beobachtungsreihe. Volumen bei 0° C. = 10006.	II. Beobachtungsreihe. Volumen bei 0° C. = 10006.
0°,4 — 10005,2	2° — 10003,5
0°,8 — 10004,6	2°,4 — 10003,4
1°,2 — 10004,4	4°,4 — 10003,1
1°,6 — 10004,1	4°,6 — 10003,1
2° — 10003,8	5°,8 — 10003,1
3°,4 — 10003,3	6° — 10003,2
4°,4 — 10003,2	6°,6 — 10003,2
4°,8 — 10003,2	7°,4 — 10003,3
5° — 10003,1	8°,2 — 10003,6
5°,4 — 10003,1	10°,1 — 10004,6
5°,6 — 10003,1	11°,5 — 10005,6
6° — 10003,1	11°,6 — 10005,7
6°,4 — 10003,2	12°,6 — 10006,5
7° — 10003,3	13°,4 — 10007,4
7°,8 — 10003,5	14°,2 — 10008,3
8°,6 — 10003,8	14°,5 — 10008,5
9° — 10004	18°,5 — 10013,8
10°,4 — 10004,9	18°,6 — 10014.
10°,9 — 10005,2	
11°,2 — 10005,5	
11°,4 — 10005,7	
11°,8 — 10006	
12°,1 — 10006,2	
12°,2 — 10006,3	
16° — 10010,6	
0° — 10006.	

Diese Werthe, welche mit dem Apparate *A* gewonnen worden waren, geben natürlich nur die scheinbare Ausdehnung des Wassers an; um hieraus die wahre Ausdehnung abzuleiten, musste die cubische Ausdehnung des Glases selbst mit in Rechnung gebracht werden. Nach dieser Correctur ergiebt sich durch graphische Aufzeich-

nung der numerischen Werthe das Vorhandensein des Dichtigkeitsmaximum des Wassers aus obigen Beobachtungen bei der Temperatur + 3°,4 C.

Fernere Beobachtungen über die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme; zwischen 0 und 100° C.

Das Volumen des Wassers bei 0° = 10000.

Mit Apparat *A*.

I. bei 0° C.—10000.	II. bei 0° C.—10000.	III. bei 0° C.—10000.	IV. bei 0° C.—10000.	V. bei 0° C.—10000.
18°,6—10008,9	14° —10002	16°,3—10005	15°,8—10004,7	12°,6—10000,7
16° —10005,1	25°,8—10023,3	26°,8—10026,1	25° —10021,5	13° —10001,1
23°,3—10018	25°,5—10022,8	23°,4—10017,6	46°,6—10089,8	26°,8—10026
32°,4—10040,9	36°,7—10054,5	46°,8—10089,5	46°,2—10088,7	28°,8—10031,1
46°,2—10088,5	48°,8—10099	46°,6—10089	46° —10088,6	50°,6—10106,2
46° —10088	48°,6—10098,5	42°,8—10075,5	45°,8—10088,2	
51° —10108,3	46° —10087,6	18°,6—10008,2	44° —10079,7	
50° —10104	30°,6—10036,2	18°,4—10008		
49°,4—10101,5	30°,2—10035			
49° —10100	29°,8—10034			
16°,6—10005	16°,2—10004,6			
	15°,8—10004,5			

Diese Resultate der scheinbaren Ausdehnung des Wassers, welche mit dem Apparat *A* gewonnen wurden, sind auf die hier unten näher bezeichnete Weise in die wirkliche berechnet worden.

Beispielsweise:

Bei der Erwärmung des Wassers reichte der Stand in der Röhre bei 50° C. gerade bis an den Theilstrich 104; da das Volumen des Glases aber bei 50° Celsius 10000 . [1 + (50 . 0,00002586)] = 10012,93 betrug, wenn sein Volumen bei 0° C. = 10000 gesetzt wurde, so berechnet sich hieraus das Volumen des Wassers bei 50° C. zu (10012,93 + 104) = 10116,93; sein Volumeu bei 0° C. zu 10000 angenommen.

Mit Apparat *B*.

I. bei 0° C.—10000.	II. bei 0° C.—10000.	III. bei 0° C.—10000.
79°,5—10286,5	84° — 10315,6	84°,5—10321,5
67°,5—10213	83° — 10309,5	83°,4—10317
56°,5—10152	82° — 10302	82° —10305,1
55°,5—10146	68° — 10213,5	80° —10296,2
51° —10127	65° — 10191	71° —10235,5
	59° — 10163,6	70° —10229
	55° — 10142	58° —10160,8
	48° — 10112	57° —10155,2
		56° —10150

Apparat *C*.	Apparat *D*.		Apparat *E*.	
I. bei 0° C.—10000.	I. bei 0° C.—10000.	II. bei 0° C.—10000.	I. bei 0° C.—10000.	II. bei 0° C.—10000.
29° —10038	32°,5—10050	76° —10261	91,°4—10373	32°,5 —10050
33°,5—10051	36° —10061,5	75°,5—10258	94° —10387	36° —10061,5
45° —10096	46°,2—10103	75° —10254	100° —10429	100° —10428
44° —10091,5	87°,5—10340,5	74°,5—10250	90°,5—10366	73° —10243,5
45°,2—10098	85° —10321	74° —10249	81°,9—10304,5	70° —10230
48°,8—10112	80° —10287	72° —10237	70°,8—10234	58°,5—10163,5
42°,7—10086,4	76° —10259	71°,5—10234,5	70°,2—10232	58° —10159
68°,5—10216	74° —10246	71° —10231	61° —10177	52° —10130
66° —10202,4	73° —10240	52°,7—10128	60°,6—10175	50° —10118,5
60°,5—10170,2	70° —10225	52°,5—10126	51° —10125	32°,5—10049
36°,5—10063	58°,5—10159,5		45° —10094	
36° —10061	58° —10156			
	52° —10126,5			
	50° —10116			

Apparat *G.* bei 0° C.—10000.	Apparat *H.* bei 0° C.—10000.	Apparat *K.* bei 0° C.—10000.
37°,9—10067	32°,6—10055,5	35°,6—10061,5
100° —10425	40° —10081	35°,5—10060,5
	49°,3—10124	35° —10059
	64°,8—10202	41°,5—10078
	62°,6—10191,5	59° —10164
	83° —10319	58°,5—10158
	82° —10309,5	87° —10339,5
	100° —10430	86° —10330,5
		100° —10425

Die Resultate dieser Beobachtungen wurden graphisch dargestellt und von sämmtlichen Curven die mittlere resultirende, als die der Wahrheit am nächsten kommende, in folgender Tabelle aufgeführt.

Zum Vergleich sind die besten Beobachtungen über die Ausdehnung des Wassers mit beigegeben worden.

Anmerkung. Für die Aufsuchung der Volumina der Flüssigkeiten bei einer gleichmässig wachsenden Temperaturzunahme von 5 Grad Celsius ist im Folgenden die graphische Interpolationsmethode ebenfalls in Anwendung gezogen worden, und zwar wurden die Curven, welche den Ausdehnungsverhältnissen entsprechen, bis zu den Siedepunkten der Lösungen verlängert.

Gay-Lussac hat bekanntlich darauf hingewiesen, dass der Siedepunkt in Glasgefässen stets höher liegt als in Metallgefässen. Ich selbst habe destillirtes Wasser bei 28 Zoll Barometerstand in einem gewöhnlichen Glaskölbchen bei 104 Grad Cels. kochen sehen. Es wurden daher die Siedepunkte der Lösungen in einem Gefäss von verzinntem Eisenblech bestimmt; nur die Lösungen des Aluminiumchlorids, der Weinsäure und Citronensäure wurden in Glasgefässen gekocht, jedoch mit der Vorsichtsmassregel, dass das Gefäss mit Platindraht angefüllt wurde.

Obgleich der Siedepunkt einer Flüssigkeit bei einem bestimmten Atmosphärendrucke auch einer bestimmten Temperatur entspricht, so kann er doch unter scheinbar gleichen Umständen bei verschiedenen Temperaturgraden eintreten. Wie man Wasser bis *minus* 15 Grad Celsius erkaltete und seine Ausdehnung bestimmte, ohne dass es zum Gefrieren kam, so hat andererseits *Donny* (*Dingler's* polytechnisches Journal B. 105. S. 443) Wasser bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke bis zu 135 Grad C. (108 Grad R.) zu erhitzen vermocht, ohne dass die Erscheinung des Siedens eintrat. Im ersteren Falle waren die Bedingungen Eingeschlossenheit und vollkommene Ruhe, im letzteren Falle völlige Freiheit des Wassers von Luft.

Volumina des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Das Volumen bei 0° C. = 1.

Temp. *Cels.*	nach *Depretz* bei 4° C. = 1.	*Plücker* und *Geissler.*	*Hallström.*	nach *Pierre's* Beobachtungen, berechnet von *Frankenhein.*	*Kopp.*	*Muncke.*	Eigene Beobachtung.
—15°				1,0037584			
—10°				1,0016851			
— 9°	1,0016311			1,0014013			
— 8°	1,0013734			1,0011526			
— 7°	1,0011354			1,0009355			
— 6°	1,0009184			1,0007465			
— 5°	1,0006987			1,0005819			
— 4°	1,0005619	1,000404		1,0004382			
— 3°	1,0004222	1,000271		1,0003117			
— 2°	1,0003077	1,000162		1,0001989			
— 1°	1,0002138	1,000071		1,0000962			
0°	1,0001269	1,	1,	1,	1,	1,	1,
+ 1°	1,0000730	0,999944	1,999950	0,9999458	0,999947	0,9999486748	0,999873
2°	1,0000331	0,999908	0,999915	0,9999094	0,999908	0,9999134010	0,999828
3°	1,0000083	0,999888	0,999894	0,9998878	0,999885	0,9998938160	0,999812
4°	1,	0,999886	0,999888	0,9998820	0,999877	0,9998895643	0,999818
5°	1,0000082	0,999897	0,999897	0,9998903	0,999883	0,9999002974	0,999839
6°	1,0000309	0,999923	0,999919	0,9999148	0,999903	0,9999256736	0,999870
7°	1,0000708	0,999964	0,999956	0,9999524	0,999938	0,9999653584	0,999905
8°	1,0001216	1,000019	1,000006.	1,0000044	0,999986	1,0000190	0,999965
9°	1,0001879	1,000088	1,000069	1,0000694	1,000048	1,0000864	1,000033
10°	1,0002684	1,000171	1,000145	1,0001482	1,000124	1,0001670	1,000115
11°	1,0003598	1,000266	1,000235	1,0002392	1,000213	1,0002607	1,00021
12°	1,0004724	1,000375	1,000328	1,0003420	1,000314	1,0003672	1,00032
13°	1,0005862		1,000453	1,0004557	1,000429	1,0004861	1,00044
14°	1,0007146		1,000581	1,0005877	1,000556	1,0006171	1,00058
15°	1,0008751		1,000720	1,0007275	1,000695	1,0007601	1,00070
16°	1,0010215		1,000872	1,0008784	1,000846	1,0009146	1,00086
17°	1,0012067		1,001035	1,0010404	1,001010	1,001080	1,00100
18°	1,00139		1,001210	1,0012132	1,001184	1,001257	1,00121
19°	1,00158		1,001397	1,0013965	1,001370	1,001445	1,00140
20°	1,00179		1,001594	1,0015940	1,001567	1,001644	1,00160
21°	1,00200		1,001802	1,0017997	1,001776	1,001852	1,00180
22°	1,00222		1,002022	1,0020108	1,001995	1,002071	1,00205
23°	1,00244		1,002151	1,0022310	1,002225	1,002300	1,00226
24°	1,00271		1,002491	1,0024648	1,002465	1,002538	1,00252
25°	1,00293		1,002741	1,0027075	1,002715	1,002786	1,00275
26°	1,00321		1,003001	1,0029588		1,003044	1,00304
27°	1,00345		1,003271	1,0032211		1,003309	1,00330
28°	1,00374		1,003549	1,0034944		1,003585	1,00360
29°	1,00403		1,003837	1,0037758		1,003869	1,00380
30°	1,00433		1,004216	1,0040710	1,004064	1,004161	1,00415
35°	1,00593		1,005761	1,0056770	1,005697	1,005745	1,00575
40°	1,00773		1,007496	1,0075120	1,007531	1,007520	1,00758
45°	1,00985		1,009434	1,0095625	1,009541	1,009472	1,00960
50°	1,01205		1,011570	1,0118150	1,011766	1,011591	1,01170
55°	1,01445		1,013894	1,0143596	1,014100	1,01387	1,01420
60°	1,01698		1,016398	1,0171180	1,016590	1,01631	1,01680
65°	1,01967		1,019078	1,0199465	1,019302	1,01892	1,01955
70°	1,02255		1,021920	1,0229376	1,022246	1,02169	1,02255
75°	1,02562		1,024921	1,0260782	1,025440	1,02465	1,02570
80°	1,02885		1,028072	1,0293600	1,028581	1,02781	1,02910
85°	1,03225		1,031364	1,0327692	1,031894	1,031199	1,03230
90°	1,03566		1,034791	1,0362943	1,035397	1,034819	1,03585
95°	1,03925		1,038346	1,0399247	1,039094	1,038719	1,03930
100°	1,04315		1,042016	1,0436490	1,042986	1,0429279852	1,04270

Poggendorff's Ann., Bd. 86, S. 238; Bd. 86, S. 460; Bd. 72, S. 48.

Beobachtungen über die Ausdehnung der Na.Cl-Lösungen.

5procentige Lösung (5 Gewichtstheile NaCl + 95 Gewichtstheile Wasser).

Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *G*. Volumen bei 0° C. — 10000.
18°,1 — 10035	33°,7 — 10078,5
56°,4 — 10183	43°,5 — 10120
55°,2 — 10180	50° — 10150,2
100° — 10451	84°,3 — 10356
30°,4 — 10071	83° — 10348,2
	81°,4 — 10340,5

10procentige Lösung (10 Gewichtstheile NaCl + 90 Gewichtstheile Wasser).

Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *G*. Volumen bei 0° C. — 10000.
15°,6 — 10042	23°,7 — 10068,6
28°,1 — 10082	58°,4 — 10221,6
55°,5 — 10202	99°,4 — 10465
55° — 10201	
100° — 10467	

15procentige Lösung (15 Gewichtstheile NaCl + 85 Gewichtstheile Wasser).

Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *G*. Volumen bei 0° C. — 10000.
15°,3 — 10050,5	23°,5 — 10075,2
42°,7 — 10160	34°,4 — 10120,5
56°,9 — 10233	34° — 10119,5
100° — 10481	43°,5 — 10165
	53°,2 — 10211
	52° — 10205,5
	87° — 10402,2
	84° — 10390,5
	99°,4 — 10472

20 procentige Lösung (20 Gewichtstheile Na Cl + 80 Gewichtstheile Wasser).

Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *G*. Volumen bei 0° C. — 10000.
15° — 10052	25°,7 — 10098,5
36°,5 — 10143	34°,7 — 10136
54° — 10226	53° — 10227
82°,9 — 10388	99°,4 — 10479,5
82°,3 — 10385	
95° — 10450	
98°,5 — 10468	
99°,3 — 10481	
100° — 10482	

25 procentige Lösung (25 Gewichtstheile Na Cl + 75 Gewichtstheile Wasser).

Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *G*. Volumen bei 0° C. — 10000.
17°,8 — 10071	22°,8 — 10088,2
29°,6 — 10122	34° — 10140
50°,5 — 10220	71°,5 — 10333
99°,2 — 10485	99°,1 — 10482,5

Der Procentgehalt bezieht sich hier, wie stets im Folgenden, wiederum auf diejenige absolute Gewichtsmenge gelöster Salze, welche in 100 Theilen der Lösung enthalten ist.

Volumina der NaCl-Lösungen zwischen 0° Celsius und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	5 Proc.	10 Proc.	15 Proc.	20 Proc.	25 Proc.
0° Cels.	10000	10000	10000	10000	10000
5 "	10006	10012	10014	10017	10018
10 "	10013,5	10025	10030	10034	10037
15 "	10024,5	10040	10047	10053	10056
20 "	10037	10055	10065	10073	10079
25 "	10052	10071	10083	10094	10100
30 "	10069	10088	10103	10116	10123
35 "	10087	10107	10125	10139	10147
40 "	10106	10128	10148	10163	10170
45 "	10127	10150	10172	10187	10194
50 "	10150	10174	10196	10211	10219
55 "	10175	10199	10223	10239	10263
60 "	10201	10227	10249	10263	10271
65 "	10231	10256	10277	10290	10297
70 "	10261	10285	10304	10317	10323
75 "	10292	10314	10332	10344	10350
80 "	10323	10344	10360	10371	10377
85 "	10355	10374	10389	10398	10404
90 "	10388	10405	10418	10425	10431
95 "	10420	10436	10447	10453	10459
100 "	10452	10468	10476	10481	10486
beim Sieden.	10459	10480	10495	10512	10529
Grade nach Cels.	(100°,9)	(101°,9)	(103°,3)	(105°,3)	(107°,6)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der K.Cl-Lösungen.

10 procentige Lösung. Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.	20 procentige Lösung. Mit Apparat *B*. Volumen bei 0° C. — 10000.
14°,3 — 10032,5	21°,2 — 10079,5
26°,4 — 10068,5	51°,5 — 10203
47°,5 — 10151	44°,5 — 10176
76°,3 — 10306,5	80°,4 — 10360,5
75°,5 — 10301,5	79°,4 — 10357
73° — 10289	100° — 10469,5
99°,9 — 10447,5	

Volumina der K.Cl-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	10 Procent.	20 Procent.
bei 0° Cels.	10000	10000
„ 5 „	10008,5	10016
„ 10 „	10019	10033
„ 15 „	10032,5	10052
„ 20 „	10047	10072
„ 25 „	10063,5	10092
„ 30 „	10081	10113
„ 35 „	10100	10134
„ 40 „	10120	10155
„ 45 „	10142	10177
„ 50 „	10165,5	10201
„ 55 „	10191	10226
„ 60 „	10217	10251
„ 65 „	10244	10277
„ 70 „	10271,5	10304
„ 75 „	10299	10332
„ 80 „	10327,5	10360
„ 85 „	10357	10387
„ 90 „	10387	10414
„ 95 „	10417	10442
„ 100 „	10448	10469,5
beim Sieden.	10454,5	10488
Temperatur.	(101°,1)	(103°,4)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der Li.Cl-Lösungen.

5 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C. — 10000.	10 proc. Lösung. Mit Apparat *H.* bei 0° C. — 10000.	15 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C. — 10000.	20 proc. Lösung. Mit Apparat *H.* bei 0° C. — 10000.
32° — 10069	32° — 10067	30° — 10071,5	30° — 10072
49° — 10126,5	49° — 10128,5	52°,5 — 10147,5	52°,5 — 10147
71° — 10237,5	71° — 10228	81°,5 — 10274	81° 5 — 10255,5
70°,5 — 10235	70°,5 — 10225,5	81° — 10272	81° — 10253,5
99°,5 — 10406	99°,5 — 10373,5	99°,6 — 10360	99°,6 — 10333,5

25 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C. — 10000.	30 proc. Lösung. Mit Apparat *H.* bei 0° C. — 10000.	35 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C. — 10000.	40 proc. Lösung. Mit Apparat *H.* bei 0° C. — 10000.
36°,2 — 10093	36°,2 — 10090	19°,6 — 10056	19°,6 — 10055
53°,5 — 10146	53°,5 — 10147	41°,8 — 10121	41°,8 — 10123,5
67°,5 — 10194	67°,5 — 10195	83° — 10259,5	83° — 10254
62° — 10174	62° — 10177,5	80° — 10250	80° — 10247
99°,9 — 10314	99°,9 — 10305	99°,8 — 10315	99°,8 — 10310,5
II.	II.		
42°,5 — 10101,5	42°,5 — 10114,2		
100° — 10308,5	100° — 10305,5		

Bei graphischer Aufzeichnung dieser Beobachtungswerthe ergeben sich durch Combination der Resultate beider Apparate die in umstehender Tabelle aufgeführten Zahlen.

Volumina der Li.Cl-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° — 10000.

Temperaturgrade.	5 Proc.	10 Proc.	15 Proc.	20 Proc.	25 Proc.	30 Proc.	35 Proc.	40 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5 „	10001,5	10004	10007,5	10009	10010	10010,5	10012	10014
10 „	10007	10011	10017	10020	10022	10022,5	10025	10028
15 „	10015	10021	10027,5	10032	10034	10036,5	10039	10043
20 „	10025,5	10032,5	10040	10044,5	10047	10049,5	10053	10058
25 „	10038,5	10046	10053	10058	10061	10064	10068	10073
30 „	10053	10060,5	10068	10072	10076	10079	10082,5	10088
35 „	10069	10076	10083	10086	10091	10094	10099	10104
40 „	10087	10093	10100	10105	10106,5	10110	10114	10119,5
45 „	10106	10111,5	10118	10122	10122	10126,5	10130	10135
50 „	10127,5	10132	10137	10140	10138	10141,5	10145	10150
55 „	10151	10153	10157,5	10159	10155	10158	10161	10166
60 „	10176	10176	10178	10177,5	10171	10173,5	10177,5	10181
65 „	10202	10199	10199	10195	10188	10190	10194	10197
70 „	10229	10223	10220,6	10216	10205	10207	10210	10213
75 „	10257	10248	10242	10235	10222	10223	10226	10229
80 „	10286	10272	10265	10254	10240	10240	10243	10245
85 „	10315	10298	10288	10274	10257	10257	10259	10261
90 „	10345	10325	10311	10294	10274,5	10274	10276	10278
95 „	10375	10351	10334	10314	10292	10290,5	10292,5	10294
100 „	10404	10378	10357	10335	10310	10308	10309	10310
b. Sieden.	10409,5	10390	10381	10372	10359	10374	10399	10424,5
Temperat.	(100°,7)	(102°,3)	(105°,1)	(109°,2)	(114°)	(119°,9)	(127°,1)	(135°,6)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der NH^4.Cl-Lösungen.

10 procentige Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° Cels. — 10000.	20 procentige Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° Cels. — 10000.
26°,4 — 10062,5	24°,4 — 10071,5
47°,5 — 10141	24°,2 — 10070
76°,3 — 10285,5	38°,4 — 10116
75°,5 — 10281,5	62° — 10216
73° — 10269	61°,6 — 10214,5
99°,9 — 10420	100° — 10403

Volumina der $NH^4.Cl$-Lösungen zwischen 0° Celsius und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperatur-grade.	10 procentige Lösung.	20 procentige Lösung.
bei 0° Cels.	10000	10000
„ 5 „	10008	10013
„ 10 „	10017,5	10026,5
„ 15 „	10029	10041
„ 20 „	10043	10056
„ 25 „	10058	10072
„ 30 „	10074,5	10088
„ 35 „	10092	10104,5
„ 40 „	10111	10122,5
„ 45 „	10131	10142
„ 50 „	10153	10163
„ 55 „	10177	10185
„ 60 „	10202	10207,5
„ 65 „	10227	10230,5
„ 70 „	10252	10255
„ 75 „	10279	10279
„ 80 „	10306	10303
„ 85 „	10334	10328
„ 90 „	10362	10353
„ 95 „	10391	10378
„ 100 „	10420,5	10403
beim Sieden.	10430	10424
Temperatur.	(101°,7)	(104°,4)

Die graphische Darstellung siehe Tafel V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der Mg.Cl-Lösungen.

10 proc. Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° C.—10000.	20 proc. Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° C.—10000.	30 proc. Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° C.—10000.
27°,5 — 10059,5	26°,5 — 10070,5	27° — 10079,5
44°,5 — 10121	40°,1 — 10115,5	38°,8 — 10114
66° — 10216	62°,7 — 10205	71°,3 — 10225,5
65° — 10212	100° — 10357	71° — 10224
60°,4 — 10191		100° — 10325
99°,6 — 10401		

Volumina der Mg.Cl-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	10 Proc.	20 Proc.	30 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	10000
5 „	10006,5	10011,5	10013
10 „	10015	10024	10028
15 „	10025,5	10038	10042,5
20 „	10038	10052	10058
25 „	10052	10067	10073
30 „	10067,5	10082	10089
35 „	10084	10099	10105
40 „	10102	10116	10120,5
45 „	10121	10135	10137
50 „	10141,5	10154	10154
55 „	10164	10173,5	10170,5
60 „	10187,5	10193	10187,5
65 „	10212	10213	10204
70 „	10238	10233	10221
75 „	10264	10253,5	10238
80 „	10291	10274	10256
85 „	10319	10294,5	10273
90 „	10346	10315	10290
95 „	10374,5	10336	10308
100 „	10402,5	10357	10325
b. Sieden.	10411	10382	10389
Temperat.	(101°,6)	(106°,2)	(115°,6)



Beobachtungen über die Ausdehnung der Ca.Cl-Lösungen.

10 procentige Lösung.

Mit Apparat *B*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *D*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.
86° — 10353,5	22° — 10051	21° — 10048
85°,6 — 10351	81°,5 — 10319	22° — 10051
85° — 10348,5	69° — 10249	100° — 10429
83° — 10334	58° — 10190,5	81°,5 — 10320
82°,1 — 10329	54° — 10171	69° — 10250
81°,9 — 10326,5	48° — 10145	58° — 10195
77°,6 — 10303		54° — 10177
77° — 10298		48° — 10146
76°,5 — 19296		
73°,8 — 10281,5		
55°,5 — 10185,5		
55° — 10183,5		
54°,6 — 10181		

20 procentige Lösung.

Mit Apparat *B*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *D*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.
83° — 10346	81°,2 — 10331	100° — 10432
81°,2 — 10336,5	77° — 10309,5	81°,2 — 10347
76°,5 — 10310	69°,5 — 10268,5	77° — 10316
75°,5 — 10305	60° — 10225	69°,5 — 10276,5
74°,5 — 10300,5	50° — 10178	60° — 10232
73°,8 — 10296	46° — 10161	50° — 10187
72°,4 — 10289		
71°,1 — 10281,5		
69°,8 — 10274,5		
41°,5 — 10147,5		
41° — 10145		

30 procentige Lösung.

Mit Apparat *B*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *D*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.
81° — 10362	83°,5 — 10360	100° — 10451
88° — 10393,5	71°,5 — 10302	59° — 10251
86° — 10384	65°,2 — 10272	51° — 10212
83° — 10368,5	65° — 10271	38°,5 — 10160
78° — 10345	59° — 10240	37°,5 — 10155
76° — 10334	51° — 10203	
68° — 10294,5	37°,5 — 10144	
66° — 10284,5		
58° — 10247		
51° — 10215,5		

40 procentige Lösung.

Mit Apparat *B*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *D*. bei 0° C. — 10000.	Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.
56°,3 — 10263,5	13°,5 — 10062	13°,5 — 10060
56° — 10262,5	23° — 10106	100° — 10474,5
83°,2 — 10395	78°,6 — 10365	78°,6 — 10373
81°,5 — 10390	78° — 10361	78° — 10370
80°,6 — 10385,2	74°,5 — 10344	74°,5 — 10351
78°,6 — 10375,5	64° — 10292,5	64° — 10297
73° — 10346,2	55° — 10250,5	55° — 10257
65°,1 — 10307,6	24°,5 — 10105	24°,5 — 10113
64°,6 — 10305,2		
59°,5 — 10279,2		
43° — 10201,5		

Als mittlere Werthe aus diesen Beobachtungen ergeben sich durch graphische Aufzeichnung folgende in beigefügter Tabelle angeführten Zahlen.

Volumina der Ca.Cl-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	10 Proc.	20 Proc.	30 Proc.	40 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	10000	10000
5 „	10007	10012	10016	10021,5
10 „	10017	10027	10033	10043
15 „	10029	10043	10052	10065,5
20 „	10043	10059,5	10072	10089
25 „	10058	10077,5	10093	10112,5
30 „	10075	10096	10114	10136
35 „	10093	10117	10136	10159,5
40 „	10112	10138,5	10159	10183
45 „	10133	10160,5	10182	10207
50 „	10155	10183	10205	10231
55 „	10180	10207,5	10228	10255,5
60 „	10205	10230,5	10252	10280
65 „	10232	10255	10276	10305
70 „	10259	10280	10300	10329
75 „	10286	10305	10324	10353
80 „	10314	10330	10348	10377
85 „	10344	10356	10373	10400
90 „	10373	10382	10397	10424
95 „	10402	10408	10421,5	10448
100 „	10429	10432	10447	10472
b. Sieden. Temperat.	10442 (101°,4)	10456 (104°,2)	10496 (109°,7)	10557 (118°)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Ueber die Ausdehnungs-Verhältnisse der Sr.Cl-Lösungen

sind keine Beobachtungen angestellt worden; da indess die Verbindungen des Strontium in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften fast stets zwischen den Verbindungen des Calcium und des Baryum angetroffen werden, so möchte der Schluss nicht voreilig erscheinen, dass höchst wahrscheinlich auch die Ausdehnungsverhältnisse der SrCl-Lösungen zwischen denen der CaCl- und denen der BaCl-Lösungen zu suchen sind.

Beobachtungen über die Ausdehnung der Ba.Cl-Lösungen.

10 procentige Lösung. Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.	20 procentige Lösung. Mit Apparat *E*. bei 0° C. — 10000.
18°,5 — 10037	51°,5 — 10208,5
27°,5 — 10066	51° — 10208
50°,5 — 10158	50°,5 — 10206
100° — 10443	50° — 10204
	100° — 10472

Volumina der Ba.Cl-Lösungen zwischen 0° und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° — 10000.

Temperatur-grade.	10 Procent.	20 Procent.
bei 0° Cels.	10000	10000
5 „	10007	10015
10 „	10016,5	10030,5
15 „	10028	10048
20 „	10042	10066
25 „	10058	10085
30 „	10075	10106
35 „	10093	10128,5
40 „	10112	10152
45 „	10133	10177,5
50 „	10156	10203
55 „	10181	10227
60 „	10208	10253
65 „	10236	10280
70 „	10264	10307
75 „	10293	10333
80 „	10322	10361
85 „	10352	10388
90 „	10382	10416
95 „	10413	10444
100 „	10443	10472
beim Sieden.	10448	10486
Temperatur.	(100°,6)	(101°,9)

Die graphische Darstellung siehe Tafel V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der $Al^2.Cl^3$-Lösungen.

19,15 procentige Lösung. Mit Apparat *H*. bei 0° C. — 10000.	38,3 procentige Lösung. Mit Apparat *H*. bei 0° C. — 10000.
24° — 10053,5	19° — 10052,5
27° — 10059	34°,8 — 10105,2
30°,6 — 10075	60° — 10193
47° — 10136	99°,6 — 10332,8
66°,5 — 10218,8	
100° — 10369	

Volumina der $Al^2.Cl^3$-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperatur-grade.	19,15 Procent.	38,3 Procent.
bei 0° Cels.	10000	10000
5 „	10006,5	10011
10 „	10016	10026
15 „	10028	10040
20 „	10041	10056
25 „	10056	10072
30 „	10072	10088
35 „	10090	10105,5
40 „	10108	10122
45 „	10128	10140
50 „	10148	10157
55 „	10168,5	10175
60 „	10189,5	10193
65 „	10211	10210
70 „	10233	10228
75 „	10256	10245
80 „	10278	10263
85 „	10300	10281
90 „	10323	10299
95 „	10346	10316
100 „	10369	10334
beim Sieden.	10384	10380
Temperatur.	(103°,4)	(112°,8)

Beobachtungen über die Ausdehnung der $NaO.SO^3$-Lösungen.

5 procentige Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° C. — 10000.	10 procentige Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0° C. — 10000.
29° — 10071	24°,4 — 10064,5
27°,2 — 10065	32°,7 — 10096
47°,4 — 10142,5	45° — 10148
78° — 10316	71°,5 — 10294
76°,4 — 10305,5	70°,5 — 10290
64°,5 — 10233,5	100° — 10472
100° — 10461	

Volumina der $NaO.SO^3$-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	2 Procent. Durch graphische Interpolation gefunden.	5 Procent.	8 Procent. Durch graphische Interpolation gefunden.	10 Procent.	12 Procent. Durch graphische Interpolation gefunden.
bei 0° Cesl.	10000	10000	10000	10000	10000
5 „	10003	10007,5	10008	10009	10011
10 „	10011	10017	10019	10021	10023
15 „	10020	10028,5	10032	10034,5	10037,5
20 „	10032	10042	10047,5	10050	10053
25 „		10058		10067	
30 „		10075		10085	
35 „		10093		10105	
40 „		10112		10125	
45 „		10133		10148	
50 „		10155		10173	
55 „		10181		10200	
60 „		10209		10228	
65 „		10236		10257	
70 „		10267		10286	
75 „		10297		10316	
80 „		10329		10347	
85 „		10362		10378	
90 „		10395		10410	
95 „		10429		10440	
100 „		10461		10472	
beim Sieden.		10463		10477	
Temperatur.		(100°,3)		(100°,8)	

Die graphische Darstellung siehe Tafel V.

Beobachtungen über die Ausdehnung einer Lösung von $KO.SO^3$.

9procentige Lösung.

Mit Apparat *K*.

bei 0° C. — 10000
„ 26°,6 „ — 10059
„ 48°,5 „ — 10148
„ 48° „ — 10147
„ 79°,5 „ — 10321
„ 78°,5 „ — 10314
„ 100° „ — 10445

Volumina einer $KO.SO^3$-Lösung zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	9procentige Lösung.
bei 0° Cels.	10000
5 „	10006
10 „	10015
15 „	10026
20 „	10039
25 „	10054
30 „	10072
35 „	10091
40 „	10110
45 „	10132
50 „	10155
55 „	10181
60 „	10208
65 „	10236
70 „	10264
75 „	10293
80 „	10323
85 „	10352
90 „	10383
95 „	10413
100 „	10445
beim Sieden.	10447
Temperatur.	(100°,3)

Den Zahlenwerthen über die Ausdehnungs-Verhältnisse der $MgO.SO^3$-Lösungen liegen Beobachtungen mit dem Apparat *A* zu Grunde.

5 Procent. bei 0° C. — 10000.	10 Procent. bei 0° C. — 10000.	20 Procent. bei 0° C. — 10000.	25 Procent. bei 0° C. — 10000.
2° — 10000,9	4° — 10004,6	4° — 10007,5	5° — 10009
4° — 10002,1	8° — 10011,5	8° — 10017,5	8°,5 — 10020,7
6° — 10003,6	12° — 10019,3	16° — 10038,2	16° — 10039,4
8° — 10006,1	20° — 10038,5	24° — 10060,6	27° — 10069,5
20° — 10028,1	32° — 10074,3	32° — 10086,5	40°,8 — 10111
32° — 10061	44° — 10117	40° — 10113,2	45°,8 — 10127
48° — 10119,5	48° — 10132	44° — 10127	50°,9 — 10144
50° — 10127,5	50° — 10139,5	50° — 10147,5	52° — 10148

Nach der nöthigen Correctur dieser Werthe, betreffend die Ausdehnung des Glases, ergeben sich die in beistehender Tabelle angeführten Zahlen.

Volumina der $MgO.SO^3$-Lösung zwischen 0° C. und 50° C.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	5 Procent.	10 Procent.	20 Procent.	25 Procent.
0° Cels.	10000	10000	10000	10000
5 „	10004,5	10008	10012	10013,5
10 „	10011,5	10018	10025,5	10027
15 „	10021	10030	10039,5	10041
20 „	10033	10044	10054	10055
25 „	10047	10059	10070	10070
30 „	10062	10075,5	10086	10085,5
35 „	10079	10093	10103	10102
40 „	10097	10112	10121,5	10119
45 „	10116	10131	10140,5	10136
50 „	10137	10153	10160	10155

Beobachtungen über die Ausdehnung der $NaO.CO^2$-Lösungen.

5 proc. Lösung. Mit Apparat *B*. bei 0°C.—10000.	10 proc. Lösung. Mit Apparat *B*. bei 0°C.—10000.	15 proc. Lösung. Mit Apparat *B*. bei 15°C.—10000.
89°,5 — 10397,5	86°,5 — 10405	88° — 10375,5
87°,6 — 10387,5	82° — 10380,5	85° — 10359
85°,9 — 10375,5	78° — 10353,5	84° 5 — 10356
74°,4 — 10300,5	75°,6 — 10333,5	76°,8 — 10307,6
74° — 10298	68°,5 — 10293,5	70°,4 — 10270
72°,5 — 10289	64°,5 — 10270,5	69° — 10261
65°,5 — 10250	64° — 10270	68°,9 — 10260
64°,2 — 10240,2	62° — 10257,5	59°,6 — 10210,5
62°,5 — 10232	59° — 10242	54° — 10179
53°,4 — 10183,2	53° — 10209	44°,5 — 10132,5
47° — 10152,2	46°,6 — 10177,5	44° — 10130,2
38°,2 — 10116	38°,4 — 10140	
	31°,6 — 10114	

5 proc. Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0°C.—10000.	10 proc. Lösung. Mit Apparat *K*. bei 0°C.—10000.
26°,5 — 10067	17°,7 — 10053
39° — 10114	37°,7 — 10129
83°,3 — 10362	48°,4 — 10183
82°,4 — 10357	68°,2 — 10293
	67°,3 — 10287,5
	81°,6 — 10374
	81°,2 — 10372,5
	81° — 10370
	73° — 10324,5
	67°,5 — 10287,5

Als mittlere Werthe ergeben sich die in beigefügter Tabelle enthaltenen Zahlen.

Die 15 procentige Lösung konnte nicht bis 0° Cels. erkaltet werden, ohne zu krystallisiren; es diente deshalb die Lösung von

15⁰ Cels. als Einheit bei den Beobachtungen über die Ausdehnbarkeit dieser Flüssigkeit. Wird die so erhaltene Curve graphisch verlängert, so ergiebt sich bei 0^0 Cels. ein Volumen von 10000 *minus* 52. Das Volumen bei 15^0 C. ist sonach gleich 10051, wenn das Volumen bei 0^0 C. = 10000 gesetzt wird; und hiernach sind die Beobachtungswerthe über die Ausdehnung der 15procentigen $NaO.CO^2$-Lösung corrigirt worden.

Volumina der $NaO.CO^2$-Lösungen zwischen 0^0 C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0^0 — 10000.

Temperaturgrade.	5 Proc.	10 Proc.	15 Proc.
bei 0^0 Cels.	10000	10000	10000
5 „	10008	10014	10016
10 „	10018,5	10029	10032,5
15 „	10031	10045	10051
20 „	10045	10062	10070
25 „	10062	10081,5	10090
30 „	10080	10101	10112
35 „	10099	10121	10136
40 „	10119	10144	10160
45 „	10141	10168	10185
50 „	10165	10192	10210
55 „	10191	10220	10236
60 „	10220	10246	10263
65 „	10249	10275	10290
70 „	10278	10304	10318
75 „	10308	10334	10348
80 „	10339	10364	10379
85 „	10370	10395	10409
90 „	10402	10426	10439
95 „	10433	10455	10468
100 „	10464	10488	10499
beim Sieden.	10468	10494	10510
Temperatur.	(100^0,5)	(101^0,1)	(101^0,8)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Beobachtungen über die Ausdehnung der $KO.CO^2$-Lösungen.

10 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C.—10000.	20 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C.—10000.	30 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C.—10000.	40 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C.—10000.	50 proc. Lösung. Mit Apparat *K.* bei 0° C.—10000.
28°,7 — 10084,5	34° — 10126,5	19° — 10066,5	22°,9 — 10083	60°,5 — 10231
28°,5 — 10084,4	50°,2 — 10197	34°,1 — 10126,5	41°,9 — 10157	59°,5 — 10228
42°,2 — 10139,5	50° — 10195	33°,8 — 10125	59° — 10228	82°,7 — 10323
41°,8 — 10138	81°,5 — 10357	47°,5 — 10183	70° — 10279,5	81°,7 — 10320,2
59°,4 — 10221,5	76°,8 — 10339	83°,2 — 10355,5	100° — 10411	81° — 10317
59° — 10220	76° — 10334	80° — 10341,5		
79° — 10339,5	74°,3 — 10326			
78°,2 — 10335				
77°,9 — 10331				

10 proc. Lösung. Mit Apparat *E.* bei 0° C.—10000.	20 proc. Lösung. Mit Apparat *E.* bei 0° C.—10000.	30 proc. Lösung. Mit Apparat *E.* bei 0° C.—10000.	40 proc. Lösung. Mit Apparat *E.* bei 0° C.—10000.	50 proc. Lösung. Mit Apparat *E.* bei 0° C.—10000.
24° — 10065	40°,5 — 10145	30°,8 — 10114	37° — 10140	32°,5 — 10118
62°,5 — 10234,5	99°,6 — 10451	82° — 10348	36°,1 — 10137	79°,5 — 10305,5
99°,1 — 10447		81°,5 — 10346	100° — 10412	79° — 10303,5
99°,5 — 10452		99°,5 — 10423		
		99°,6 — 10424		

Aus diesen Beobachtungen ergeben sich als mittlere Werthe die in beistehender Tabelle aufgeführten Zahlen.

Volumina der $KO.CO^2$-Lösungen zwischen 0° C. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	10 Proc.	20 Proc.	30 Proc.	40 Proc.	50 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	10000	10000	10000
5 „	10011	10014,5	10015	10016	10017
10 „	10023	10030,5	10032	10034,5	10036
15 „	10038	10048	10051	10054	10054
20 „	10053	10066	10070	10073	10073
25 „	10070	10084	10090	10093	10092
30 „	10088	10105	10111	10113	10111
35 „	10107	10126	10132	10132	10131
40 „	10128	10149	10153	10152	10151
45 „	10150	10171	10175	10173	10170
50 „	10173	10194	10198	10194	10190
55 „	10199	10220	10220	10215	10209
60 „	10226	10246	10244	10237	10230
65 „	10254	10271	10267	10259	10250
70 „	10282	10298	10291	10280	10270
75 „	10312	10324	10316	10302	10291
80 „	10342	10351	10340	10324	10312
85 „	10373	10378	10364	10346	10332
90 „	10403	10404	10388	10369	10353
95 „	10434	10431	10413	10391	10373
100 „	10465	10459	10437	10414	10394
beim Sieden.	10471	10471	10460	10454	10459
Temperatur.	(100°,8)	(102°,2)	(104°,5)	(108°,6)	(115°,2)

Die graphische Darstellung siehe Taf. V.

Beobachtungen über die Ausdehnungen der Weinsäure- und Citronensäure-Lösungen.

$\overline{T}$. 25 Procent. Mit Apparat *K*. Volumen bei 0° C. — 10000.	$\overline{Ci}$. 25 Procent. Mit Apparat *K*. Volumen bei 0° C. — 10000.
16°,8 — 10062	19°,5 — 10071
56°,6 — 10263,5	37°,5 — 10156
83° — 10438	68°,6 — 10334
82° — 10431	42°,3 — 10172
94° — 10511	96°,5 — 10528
97° — 10531	

Beobachtungen über die Ausdehnungen der Weinsäure- und Citronensäure-Lösungen.

$\overline{\overline{T}}$. 50 Procent. Mit Apparat *K*. Volumen bei 0° C. — 10000.	$\overline{\overline{Ci}}$. 50 Procent. Mit Apparat *K*. Volumen bei 0° C. — 10000.
21° — 10112,5	14°,1 — 10075
41°,5 — 10236	24°,2 — 10129,5
60° — 10353,5	43° — 10246
79° — 10492	51°,2 — 10290
69°,5 — 10422	81°,8 — 10510
	81°,3 — 10505

Volumina der Weinsäure- und Citronensäure-Lösungen zwischen 0° Cels. und ihren Siedepunkten.

Das Volumen des Wassers bei 0° — 10000.

Temperatur-grade.	$\overline{\overline{T}}$. 25 Proc.	$\overline{\overline{T}}$. 50 Proc.	Temperatur-grade.	$\overline{\overline{Ci}}$. 25 Proc.	$\overline{\overline{Ci}}$. 50 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	bei 0° Cels.	10000	10000
5 „	10017	10024	5 „	10016	10025
10 „	10035	10049	10 „	10033	10052
15 „	10055	10076	15 „	10051	10079
20 „	10076	10105	20 „	10071	10107
25 „	10098	10135	25 „	10092	10135
30 „	10122	10165	30 „	10115	10164
35 „	10147	10196	35 „	10139	10192
40 „	10173	10227	40 „	10165	10223
45 „	10199	10258	45 „	10192	10254
50 „	10226	10289	50 „	10221	10285
55 „	10256	10321	55 „	10252	10318
60 „	10286	10353,5	60 „	10282	10350
65 „	10317	10390	65 „	10313	10385
70 „	10350	10426	70 „	10344	10421
75 „	10383	10463	75 „	10378	10457
80 „	10417	10500	80 „	10412	10494
85 „	10449	10537	85 „	10447	10532
90 „	10484	10573	90 „	10482	10571
95 „	10518	10610	95. „	10517	10610
100 „	10551	10647	100 „	10553	10649
b. Sieden.	10566	10696	b. Sieden.	10567	10695
Temp.	(102°,2)	(106°,7)	Temp.	(101°,8)	(105°,8)

Der Procentgehalt dieser Lösungen bezieht sich auf krystallisirte Säure.

Zum Schluss der Mittheilungen über die Beobachtungen der Ausdehnungen der Flüssigkeiten durch die Wärme mögen hier noch die Resultate Platz finden, welche bei einer früheren Gelegenheit über die Ausdehnung der Zuckerlösungen gewonnen worden waren.

Volumina der Zuckerlösungen zwischen 0° Cels. und 100° Cels.

Das Volumen bei 0° C. — 10000.

Temperaturgrade.	10 Proc.	20 Proc.	30 Proc.	40 Proc.	50 Proc.
bei 0° Cels.	10000	10000	10000	10000	10000
5 „	10004,5	10007	10009	10012	10016
10 „	10012	10016	10021	10026	10032
15 „	10021	10028	10034	10042	10050
20 „	10033	10041	10049	10058	10069
25 „	10048	10057	10066	10075	10088
30 „	10064	10074	10084	10094	10110
35 „	10082	10092	10103	10114	10132
40 „	10101	10112	10124	10136	10156
45 „	10122	10134	10146	10160	10180
50 „	10145	10156	10170	10184	10204
55 „	10170	10183	10196	10210	10229
60 „	10197	10209	10222	10235	10253
65 „	10225	10236	10249	10261	10278
70 „	10255	10265	10277	10287	10306
75 „	10284	10295	10306	10316	10332
80 „	10316	10325	10335	10345	10360
85 „	10347	10355	10365	10375	10388
90 „	10379	10387	10395	10405	10417
95 „	10411	10418	10425	10435	10443
100 „	10442	10450	10456	10465	10457

Nach der Ermittelung der, in vorstehenden Tabellen enthaltenen Werthe über die Ausdehnung gleichnamiger, mehr oder minder concentrirter Lösungen, durch die Wärme, lassen sich folgende Sätze feststellen:

Das Ausdehnungsgesetz für alle Flüssigkeiten wird durch Curven repräsentirt, und zwar dehnt sich jede Flüssigkeit um so stärker aus, je mehr sie sich ihrem Siedepunkte nähert.

Alle wässerigen Lösungen zeigen um so mehr das Bestreben, bei gleichmässig wachsender Temperaturzunahme, sich um eine gleiche Grösse auszudehnen, je concentrirter sie sind — sie verlassen dieses Bestreben, sich nach einer arithmetischen Progression auszudehnen, und nähern sich um so mehr der Curve des Wassers, je verdünnter sie sind.

Die Ausdehnung einer Lösung entspricht nicht dem arithmetischen Mittel, berechnet aus der Ausdehnung einer verdünnteren Lösung, oder des Lösungsmittels selbst, und der Ausdehnung einer concentrirteren gleichnamigen Lösung bei gleicher Temperatur.

Es giebt Salzlösungen, welche sich bis zu ihrem Siedepunkte weniger stark ausdehnen, als das Wasser, während andere das Volumen des siedenden Wassers schon unter 100° C. erreichen, vorausgesetzt, dass bei allen ein gleichgrosses Volumen bei 0° C. als Einheit gewählt wurde.

Alle wässerigen Flüssigkeiten, welche sich in dem Temperaturintervall von 0°—100° C. weniger ausdehnen, als das Wasser, durchschneiden die Curve des Wassers bei irgend einer Temperatur, weil das Wasser von allen Flüssigkeiten in der Nähe seiner grössten Dichtigkeit sein Volumen am wenigsten ändert.

Es sei hier noch erwähnt, dass über die Ausdehnungsverhältnisse der Salze und anderer fester Körper Versuche von *Playfair* und *Joule* angestellt worden sind. Den grössten Ausdehnungscoëfficient von allen bis jetzt untersuchten festen Körpern fanden diese Physiker bei der Kleesäure = 0,027476 für das Temperaturintervall von 0° C. bis 100° C. Hieraus geht hervor, dass die Ausdehnung der Salzlösungen stets grösser ist, als die Berechnung aus der Ausdehnung des Lösungsmittels und der Ausdehnung des gelösten Bestandtheils ergeben würde.

Ich habe mich im Folgenden begnügt, auf die praktischen Vortheile hinzuweisen, welche die Kenntniss der Ausdehnung bei verschiedenen Temperaturen für die Bestimmung der specifischen Gewichte der Lösungen gewährt; denn da die Volumina sich umgekehrt verhalten wie die specifischen Gewichte, so lässt sich aus dem Volumen das specifische Gewicht für jede Temperatur berechnen, sobald es für irgend einen Temperaturgrad ermittelt wurde.

In dieser Beziehung schien es von besonderem Interesse und praktischem Werthe eine Tabelle zur Hand zu haben, welche bei jedem Temperaturgrade aus dem specifischen Gewichte einer Chlornatrium-Lösung mit Zuverlässigkeit den Procentgehalt dieser Lösungen ersehen lässt.

Bei dem Entwurfe dieser Tabelle sind die, durch den Druck hervorgehobenen Zahlen direct aus dem specifischen Gewichte, wie es für die Temperatur von 15° C. vermittelt wurde, und dem, durch den Versuch ermittelten Werthe der Volumveränderung berechnet worden, die übrigen Zahlen konnten ohne wesentliche Beeinträchtigung der vierten Decimalstelle durch Interpolation bestimmt werden.

Es ist hierbei hervorzuheben, dass allen in nebenstehender Tabelle aufgeführten Gewichten das Gewicht eines gleich grossen Volumen Wassers von 15° C. als Einheit zu Grunde liegt; da nun aber die specifischen Gewichte meistens mittels Glasgefässen ermittelt werden, so wird sich bei Aenderung der Temperatur auch das Volumen des in Anwendung gezogenen Gefässes ändern, und die specifischen Gewichte werden aus diesem Grunde, wenn sie bei einer Temperatur über 15° C. bestimmt werden, immer um etwas grösser gefunden werden müssen, als die hier aufgeführten, während sie kleiner gefunden werden, wenn die Temperatur unter 15° C. liegt.

Es ist in dieser Beziehung gleichgültig, ob die specifischen Gewichte mit der hydrostatischen Waage, oder mit einem 1000 Gran Fläschchen gewonnen werden. Der hier stattfindende Einfluss macht sich bei beiden Methoden in derselben Weise geltend.

Um den Zahlenwerth dieser Unterschiede vor die Augen zu führen, mögen einige Beispiele hier Platz finden. Die Temperaturgrade sind bei diesen Beispielen absichtlich äusserst hoch gewählt, um das Maximum der Differenzen zu erhalten.

Gleichzeitig habe ich eine Tabelle über die cubische Ausdehnung der Glasgefässe beigefügt, damit deren Werthe bei etwaigen Berechnungen zu Grunde gelegt werden können.

(Der hierbei benutzte Ausdehnungscoëfficient des Glases ist der von *Dulong* und *Petit* bestimmte.)

Tabelle über die Volumänderung von Glasgefässen, das Volumen derselben bei 15° C. als Einheit genommen.

Volumen bei	0° C.	0,99961210	Volumen bei	23° C.	1,00020688
	1	0,99963796		24	1,00023274
	2	0,99966382		25	1,00025860
	3	0,99968968		26	1,00028446
	4	0,99971554		27	1,00031032
	5	0,99974140		28	1,00033618
	6	0,99976726		29	1,00036204
	7	0,99979313		30	1,00038790
	8	0,99981898		35	1,00051720
	9	0,99984484		40	1,00064650
	10	0,99987070		45	1,00077580
	11	0,99989656		50	1,00090510
	12	0,99992242		55	1,00103440
	13	0,99994828		60	1,00116370
	14	0,99997414		65	1,00129300
	15	1		70	1,00142230
	16	1,00002586		75	1,00155160
	17	1,00005172		80	1,00168090
	18	1,00007758		85	1,00181020
	19	1,00010344		90	1,00193950
	20	1,00012930		95	1,00206880
	21	1,00015516		100	1,00219810
	22	1,00018102			

Das specifische Gewicht einer 5procentigen NaCl-Lösnng beträgt bei 50° C. = 1,02342 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber aus erörterten Gründen durch den Versuch gefunden zu:

$$(1{,}02342 \times 1{,}0009051) = 1{,}02434.$$

Differenz 0,00092.

Das specifische Gewicht einer 5procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 100° C. = 0,99385 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden durch den Versuch zu:

$$(0{,}99385 \times 1{,}0021981) = 0{,}99603.$$

Differenz 0,00218.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,05921 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

$$(1{,}05921 \times 1{,}0009051) = 1{,}06017.$$

Differenz 0,00096.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,02947 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,02947 × 1,0021981) = 1,03173.

Differenz 0,00226.

Das specifische Gewicht einer 15procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,09521 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,09521 × 0,0009051) = 1,09620.

Differenz 0,00099.

Das specifische Gewicht einer 15procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,06594 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,06594 × 0,0021981) = 1,06828.

Differenz 0,00234.

Das specifische Gewicht einer 20procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,13352 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,13352 × 0,0009051) = 1,13454.

Differenz 0,00102.

Das specifische Gewicht einer 20procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,10406 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,10406 × 0,0021981) = 1,10649.

Differenz 0,00243.

Das specifische Gewicht einer 25procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,17326 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,17326 × 1,0009051) = 1,17432.

Differenz 0,00106.

Das specifische Gewicht einer 25procentigen NaCl-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,14338 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,14338 × 1,0021981) = 1,14589.

Differenz 0,00251.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen $NaO.CO^2$-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,08982 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,08982 × 0,0009051) = 1,09081.
Differenz 0,00099.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen $NaO.CO^2$-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,05906 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,05906 × 0,0021981) = 1,06139.
Differenz 0,00233.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen $NaO.SO^3$-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,07787 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,07787 × 0,0009051) = 1,07885.
Differenz 0,00098.

Das specifische Gewicht einer 10procentigen $NaO.SO^3$-Lösung beträgt bei 100° C. = 1,04710 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,04710 × 0,0021981) = 1,04940.
Differenz 0,00230.

Das specifische Gewicht einer 20procentigen $MgO.SO^3$-Lösung beträgt bei 50° C. = 1,20762 (Wasser von 15° C. = 1).

Es wird aber gefunden zu:

(1,20762 × 1,0009051) = 1,20871.
Differenz 0,00109.

In gleicher Weise wie für das Chlornatrium wurden auch Tabellen für die Lösungen des schwefelsauren Natron und kohlensauren Natron berechnet. Die Procentangaben beziehen sich auf wasserfreies Salz und als Normaltemperatur wurde wiederum 15° Cels. eingehalten, indem allen hier angeführten specifischen Gewichten das Gewicht eines gleichgrossen Volumen Wassers von 15° C. als Einheit zu Grunde liegt. Die durch den Druck hervorgehobenen Zahlen sind wie bei der vorigen Tabelle direct aus den bei 15° C. genau ermittelten specifischen Gewichten und den gefundenen Ausdehnungsverhältnissen berechnet worden; die übrigen Glieder aber wurden nach der, Seite 8 angegebenen Formel interpolirt, ebenso wie bei der Tabelle der Kochsalzlösungen.

Specifische Gewichte der Kochsalzlösungen

Das Gewicht eines gleich grossen

Temperaturgrade.	0 Proc.	1 Proc.	2 Proc.	3 Proc.	4 Proc.	5 Proc.
bei 0° Cels.	1,00070	1,0083	1,0159	1,0235	1,0312	1,03877
1 „	1,0007	1,0083	1,0159	1,0235	1,0311	1,0386
2 „	1,0008	1,0084	1,0159	1,0234	1,0310	1,0385
3 „	1,0009	1,0084	1,0159	1,0234	1,0309	1,0384
4 „	1,00092	1,0084	1,0159	1,0233	1,0308	1,0383
5 „	1,0009	1,0083	1,0158	1,0232	1,0307	1,03815
6 „	1,0008	1,0083	1,0157	1,0231	1,0305	1,0380
7 „	1,0007	1,0082	1,0156	1,0230	1,0304	1,0378
8 „	1,0007	1,0081	1,0155	1,0229	1,0303	1,0377
9 „	1,0006	1,0080	1,0154	1,0228	1,0301	1,0375
10 „	1,00058	1,0079	1,0153	1,0226	1,0300	1,03737
11 „	1,0005	1,0078	1,0151	1,0225	1,0298	1,0371
12 „	1,0004	1,0077	1,0150	1,0223	1,0296	1,0369
13 „	1,0002	1,0075	1,0148	1,0221	1,0294	1,0367
14 „	1,0001	1,0074	1,0147	1,0219	1,0292	1,0365
15 „	1, .	1,0072	1,0145	1,0217	1,0290	1,03623
16 „	0,9999	1,0071	1,0143	1,0215	1,0288	1,0360
17 „	0,9997	1,0069	1,0141	1,0213	1,0285	1,0357
18 „	0,9996	1,0068	1,0139	1,0211	1,0283	1,0355
19 „	0,9995	1,0066	1,0138	1,0209	1,0281	1,0352
20 „	0,99932	1,0065	1,0136	1,0207	1,0278	1,03495
21 „	0,9990	1,0062	1,0133	1,0204	1,0275	1,0346
22 „	0,9988	1,0059	1,0130	1,0201	1,0272	1,0343
23 „	0,9985	1,0055	1,0127	1,0198	1,0269	1,0340
24 „	0,9982	1,0053	1,0124	1,0195	1,0266	1,0337
25 „	0,99795	1,0050	1,0121	1,0192	1,0263	1,03340
26 „	0,9977	1,0047	1,0118	1,0189	1,0260	1,0331
27 „	0,9974	1,0045	1,0115	1,0186	1,0257	1,0327
28 „	0,9971	1,0042	1,0112	1,0183	1,0253	1,0324
29 „	0,9968	1,0039	1,0109	1,0179	1,0250	1,0320
30 „	0,99657	1,0036	1,0106	1,0176	1,0246	1,03166
35 „	0,9950	1,0019	1,0089	1,0158	1,0228	1,0298
40 „	0,99315	1,0001	1,0070	1,0140	1,0209	1,02788
45 „	0,9912	0,9981	1,0050	1,0119	1,0188	1,0257
50 „	0,98913	0,9960	1,0028	1,0097	1,0166	1,02342
55 „	0,9865	0,9934	1,0003	1,0071	1,0140	1,0209
60 „	0,98397	0,9908	0,9977	1,0046	1,0114	1,00183
65 „	0,9811	0,9880	0,9948	1,0016	1,0085	1,0153
70 „	0,97830	0,9851	0,9919	0,9987	1,0055	1,12350
75 „	0,9752	0,9821	0,9888	0,9956	1,0025	1,0093
80 „	0,97212	0,9789	0,9858	0,9926	0,9995	1,00632
85 „	0,9690	0,9758	0,9826	0,9894	0,9962	1,0031
90 „	0,96587	0,9727	0,9795	0,9863	0,9931	0,99997
95 „	0,9627	0,9695	0,9764	0,9832	0,9901	0,9969
100 „	0,95944	0,9663	0,9732	0,9801	0,9870	0,99385

(Na.Cl) zwischen 0° Cels. und 100° Cels.
Volumen Wassers von 15° Cels. = 1.

6 Proc.	7 Proc.	8 Proc.	9 Proc.	10 Proc.	11 Proc.	12 Proc.	13 Proc.
1,0465	1,0543	1,0621	1,0699	1,07764	1,0855	1,0933	1,1011
1,0464	1,0542	1,0619	1,0696	1,0774	1,0852	1,0930	1,1008
1,0462	1,0540	1,0617	1,0694	1,0771	1,0849	1,0927	1,1005
1,0461	1,0538	1,0615	1,0692	1,0768	1,0846	1,0924	1,1002
1,0459	1,0536	1,0613	1,0689	1,0766	1,0844	1,0921	1,0999
1,0458	1,0534	1,0611	1,0687	1,07635	1,0841	1,0919	1,0996
1,0456	1,0532	1,0608	1,0685	1,0761	1,0838	1,0916	1,0993
1,0454	1,0530	1,0606	1,0682	1,0758	1,0835	1,0912	1,0990
1,0453	1,0528	1,0604	1,0680	1,0755	1,0832	1,0909	1,0986
1,0451	1,0526	1,0602	1,0677	1,0752	1,0829	1,0906	1,0983
1,0449	1,0524	1,0599	1,0674	1,07496	1,0826	1,0903	1,0980
1,0447	1,0522	1,0596	1,0671	1,0746	1,0823	1,0899	1,0976
1,0444	1,0519	1,0594	1,0668	1,0743	1,0820	1,0896	1,0973
1,0442	1,0516	1,0591	1,0665	1,0740	1,0816	1,0893	1,0969
1,0439	1,0514	1,0588	1,0662	1,0737	1,0813	1,0889	1,0966
1,0437	1,0511	1,0585	1,0659	1,07335	1,0810	1,0886	1,0962
1,0434	1,0508	1,0582	1,0656	1,0730	1,0806	1,0883	1,0959
1,0431	1,0505	1,0579	1,0653	1,0727	1,0803	1,0879	1,0955
1,0429	1,0502	1,0576	1,0650	1,0724	1,0800	1,0875	1,0951
1,0426	1,0500	1,0573	1,0647	1,0721	1,0796	1,0872	1,0948
1,0423	1,0497	1,0570	1,0644	1,07175	1,0793	1,0868	1,0944
1,0420	1,0494	1,0567	1,0641	1,0714	1,0789	1,0865	1,0940
1,0417	1,0490	1,0564	1,0637	1,0711	1,0786	1,0861	1,0936
1,0414	1,0487	1,0561	1,0634	1,0707	1,0782	1,0858	1,0933
1,0411	1,0484	1,0557	1,0631	1,0704	1,0779	1,0854	1,0929
1,0407	1,0481	1,0554	1,0627	1,07005	1,0775	1,0850	1,0925
1,0404	1,0477	1,0550	1,0624	1,0697	1,0772	1,0846	1,0921
1,0400	1,0474	1,0547	1,0620	1,0693	1,0769	1,0843	1,0917
1,0397	1,0470	1,0543	1,0616	1,0690	1,0764	1,0839	1,0913
1,0393	1,0467	1,0540	1,0613	1,0686	1,0760	1,0835	1,0909
1,0390	1,0463	1,0536	1,0609	1,06824	1,0757	1,0831	1,0905
1,0371	1,0444	1,0516	1,0589	1,0662	1,0735	1,0808	1,0882
1,0351	1,0424	1,0496	1,0569	1,06407	1,0713	1,0786	1,0859
1,0329	1,0401	1,0472	1,0544	1,0617	1,0689	1,0761	1,0833
1,0306	1,0377	1,0449	1,0521	1,05921	1,0664	1,0736	1,0808
1,0280	1,0351	1,0422	1,0494	1,0565	1,0637	10,708	1,0780
1,0254	1,0325	1,0396	1,0466	1,05373	1,0609	1,0681	1,0752
1,0224	1,0295	1,0366	1,0437	1,0508	1,0579	1,0651	1,0723
1,0195	1,0265	1,0336	1,0407	1,04779	1,0550	1,0622	1,0694
1,0164	1,0235	1,0306	1,0377	1,0448	1,0520	1,0592	1,0664
1,0134	1,0205	1,0276	1,0347	1,04181	1,0490	1,0562	1,0635
1,0102	1,0173	1,0245	1,0316	1,0388	1,0460	1,0532	1,0604
1,0071	1,0143	1,0214	1,0286	1,03569	1,0429	1,0502	1,0574
1,0041	1,0112	1,0183	1,0255	1,0326	1,0398	1,0471	1,0544
1,0010	1,0081	1,0152	1,0223	1,02947	1,0368	1,0441	1,0514

Specifische Gewichte der Kochsalzlösungen

Das Gewicht eines gleich grossen

Temperaturgrade.	14 Proc.	15 Proc.	16 Proc.	17 Proc.	18 Proc.	19 Proc.
bei 0° Cels.	1,1089	**1,11668**	1,1248	1,1329	1,1410	1,1491
1 „	1,1086	1,1164	1,1245	1,1325	1,1406	1,1487
2 „	1,1083	1,1161	1,1241	1,1322	1,1403	1,1483
3 „	1,1080	1,1157	1,1238	1,1319	1,1399	1,1479
4 „	1,1077	1,1154	1,1235	1,1315	1,1395	1,1476
5 „	1,1074	**1,11512**	1,1231	1,1312	1,1392	1,1472
6 „	1,1070	1,1148	1,1228	1,1308	1,1388	1,1468
7 „	1,1067	1,1144	1,1224	1,1304	1,1384	1,1464
8 „	1,1064	1,1141	1,1221	1,1301	1,1380	1,1460
9 „	1,1060	1,1137	1,1217	1,1297	1,1377	1,1457
10 „	1,1057	**1,11334**	1,1213	1,1293	1,1373	1,1453
11 „	1,1053	1,1130	1,1209	1,1289	1,1369	1,1448
12 „	1,1049	1,1126	1,1206	1,1285	1,1365	1,1444
13 „	1,1046	1,1122	1,1202	1,1281	1,1361	1,1440
14 „	1,1042	1,1118	1,1198	1,1277	1,1356	1,1436
15 „	1,1038	**1,11146**	1,1194	1,1273	1,1352	1,1431
16 „	1,1035	1,1111	1,1190	1,1269	1,1348	1,1427
17 „	1,1031	1,1107	1,1186	1,1265	1,1344	1,1423
18 „	1,1027	1,1103	1,1182	1,1260	1,1399	1,1418
19 „	1,1023	1,1099	1,1177	1,1256	1,1335	1,1414
20 „	1,1019	**1,10947**	1,1173	1,1252	1,1331	1,1409
21 „	1,1015	1,1091	1,1169	1,1248	1,1326	1,1405
22 „	1,1012	1,1087	1,1165	1,1244	1,1322	1,1400
23 „	1,1008	1,1083	1,1161	1,1239	1,1317	1,1395
24 „	1,1004	1,1079	1,1157	1,1235	1,1313	1,1391
25 „	1,1000	**1,10749**	1,1153	1,1231	1,1308	1,1386
26 „	1,0996	1,1071	1,1148	1,1226	1,1304	1,1381
27 „	1,0992	1,1066	1,1144	1,1221	1,1299	1,1376
28 „	1,0987	1,1062	1,1139	1,1217	1,1294	1,1372
29 „	1,0983	1,1057	1,1135	1,1212	1,1289	1,1367
30 „	1,0979	**1,10530**	1,1130	1,1208	1,1285	1,1362
35 „	1,0955	1,1028	1,1105	1,1182	1,1259	1,1336
40 „	1,0931	**1,10039**	1,1080	1,1157	1,1233	1,1310
45 „	1,0906	1,0978	1,1055	1,1131	1,1208	1,1284
50 „	1,0880	**1,09521**	1,1029	1,1105	1,1182	1,1259
55 „	1,0852	1,0924	1,1000	1,1076	1,1153	1,1229
60 „	1,0824	**1,08955**	1,0971	1,1047	1,1123	1,1208
65 „	1,0795	1,0866	1,0942	1,1018	1,1094	1,1170
70 „	1,0765	**1,08373**	1,0913	1,0989	1,1065	1,1140
75 „	1,0736	1,0808	1,0884	1,0960	1,1035	1,1111
80 „	1,0707	**1,07787**	1,0855	1,0930	1,1006	1,1082
85 „	1,0677	1,0749	1,0825	1,0901	1,0977	1,1053
90 „	1,0646	**1,07187**	1,0795	1,0871	1,0948	1,1024
95 „	1,0617	1,0689	1,0765	1,0842	1,0918	1,0994
100 „	1,0587	**1,06594**	1,0736	1,0812	1,0888	1,0964

(Na.Cl) zwischen 0° Cels. und 100° Cels.

Volumen Wassers von 15° Cels. = 1.

20 Proc.	21 Proc.	22 Proc.	23 Proc.	24 Proc.	25 Proc.	26 Proc.
1,15717	1,1655	1,1739	1,1822	1,1906	1,19897	1,2073
1,1568	1,1651	1,1735	1,1818	1,1902	1,1985	1,2069
1,1564	1,1647	1,1731	1,1814	1,1898	1,1981	1,2064
1,1560	1,1643	1,1727	1,1810	1,1893	1,1977	1,2060
1,1556	1,1639	1,1722	1,1806	1,1889	1,1973	1,2056
1,15521	1,1635	1,1718	1,1802	1,1885	1,19681	1,2051
1,1548	1,1631	1,1714	1,1797	1,1880	1,1964	1,2047
1,1544	1,1627	1,1710	1,1793	1,1876	1,1959	1,2042
1,1540	1,1623	1,1706	1,1789	1,1872	1,1954	1,2037
1,1537	1,1619	1,1702	1,1784	1,1867	1,1950	1,2033
1,15326	1,1615	1,1698	1,1780	1,1863	1,19454	1,2028
1,1528	1,1611	1,1693	1,1776	1,1858	1,1941	1,2023
1,1524	1,1606	1,1689	1,1771	1,1854	1,1936	1,2019
1,1519	1,1602	1,1684	1,1767	1,1849	1,1932	1,2014
1,1515	1,1597	1,1680	1,1762	1,1845	1,1927	1,2010
1,15107	1,1593	1,1675	1,1758	1,1840	1,19228	1,2005
1,1506	1,1588	1,1671	1,1753	1,1835	1,1917	1,2000
1,1502	1,1584	1,1666	1,1748	1,1830	1,1912	1,1994
1,1497	1,1579	1,1661	1,1743	1,1825	1,1906	1,1988
1,1492	1,1574	1,1656	1,1738	1,1819	1,1901	1,1983
1,14879	1,1569	1,1651	1,1733	1,1814	1,18956	1,1977
1,1483	1,1565	1,1646	1,1728	1,1809	1,1891	1,1972
1,1478	1,1560	1,1641	1,1723	1,1804	1,1886	1,1967
1,1474	1,1555	1,1636	1,1718	1,1799	1,1881	1,1962
1,1469	1,1550	1,1632	1,1713	1,1794	1,1877	1,1957
1,14640	1,1545	1,1627	1,1708	1,1789	1,18709	1,1952
1,1459	1,1540	1,1621	1,1703	1,1784	1,1865	1,1947
1,1454	1,1535	1,1616	1,1698	1,1779	1,1860	1,1941
1,1449	1,1530	1,1611	1,1692	1,1774	1,1855	1,1936
1,1444	1,1525	1,1606	1,1687	1,1768	1,1849	1,1930
1,14390	1,1520	1,1601	1,1682	1,1763	1,18439	1,1925
1,1413	1,1493	1,1574	1,1655	1,1736	1,1817	1,1897
1,13861	1,1467	1,1547	1,1628	1,1709	1,17892	1,1870
1,1361	1,1441	1,1521	1,1601	1,1681	1,1761	1,1841
1,13352	1,1415	1,1494	1,1574	1,1653	1,17326	1,1812
1,1305	1,1385	1,1464	1,1544	1,1623	1,1703	1,1782
1,12752	1,1355	1,1434	1,1514	1,1594	1,16732	1,1753
1,1246	1,1325	1,1405	1,1484	1,1564	1,1644	1,1723
1,12162	1,1296	1,1375	1,1455	1,1535	1,16144	1,1694
1,1187	1,1266	1,1346	1,1425	1,1505	1,1584	1,1664
1,15178	1,1237	1,1316	1,1395	1,1475	1,15540	1,1633
1,1129	1,1208	1,1287	1,1366	1,1445	1,1524	1,1603
1,10999	1,1179	1,1257	1,1336	1,1415	1,14941	1,1573
1,1070	1,1149	1,1228	1,1306	1,1385	1,1464	1,1543
1,10406	1,1119	1,1198	1,1276	1,1355	1,14338	1,1512

Specifische Gewichte der schwefelsauren-Natron-Lösungen zwischen 0° Cels. und 20° Cels.

Das Gewicht eines gleich grossen Volumen Wassers von 15° Cels. = 1.

Temperaturgrade.	0 Proc.	1 Proc.	2 Proc.	3 Proc.	4 Proc.	5 Proc.	6 Proc.	7 Proc.	8 Proc.	9 Proc.	10 Proc.	11 Proc.	12 Proc.	13 Proc.
bei 0° Cels.	**1,00070**	1,0105	**1,02026**	1,0297	1,0392	**1,04873**	1,0582							
1 „	1,0007	1,0104	1,0202	1,0296	1,0391	1,0485	1,0580							
2 „	1,0008	1,0104	1,0201	1,0295	1,0390	1,0484	1,0579	1,0673						
3 „	1,0009	1,0105	1,0201	1,0294	1,0388	1,0482	1,0577	1,0672						
4 „	**1,00092**	1,0104	1,0200	1,0293	1,0387	1,0481	1,0575	1,0670	1,0765					
5 „	1,0009	1,0104	**1,01995**	1,0292	1,0386	**1,04799**	1,0574	1,0668	**1,07633**					
6 „	1,0008	1,0103	1,0198	1,0291	1,0384	1,0477	1,0572	1,0666	1,0761					
7 „	1,0007	1,0101	1,0196	1,0289	1,0382	1,0475	1,0570	1,0664	1,0758	1,0854				
8 „	1,0007	1,0101	1,0195	1,0287	1,0380	1,0473	1,0567	1,0662	1,0756	1,0852				
9 „	1,0006	1,0099	1,0193	1,0285	1,0378	1,0471	1,0565	1,0659	1,0753	1,0849				
10 „	**1,00058**	1,0098	**1,01914**	1,0284	1,0376	**1,04695**	1,0563	1,0657	**1,07514**	1,0846	**1,09422**			
11 „	1,0005	1,0097	1,0189	1,0282	1,0374	1,0467	1,0560	1,0654	1,0748	1,0842	1,0939			
12 „	1,0004	1,0096	1,0188	1,0280	1,0372	1,0464	1,0558	1,0652	1,0746	1,0841	1,0936			
13 „	1,0002	1,0094	1,0186	1,0278	1,0370	1,0462	1,0555	1,0649	1,0743	1,0838	1,0933	1,1030		
14 „	1,0001	1,0092	,10184	1,0276	1,0367	1,0460	1,0553	1,0646	1,0740	1,0835	1,0930	1,1027		
15 „	**1,**	1,0091	**1,01822**	1,0274	1,0365	**1,04575**	1,0550	1,0644	**1,07375**	1,0832	**1,09275**	1,1024	**1,11217**	
16 „	0,9999	1,0089	1,0180	1,0271	1,0363	1,0454	1,0547	1,0641	1,0734	1,0829	1,0924	1,1021	1,1118	
17 „	0,9997	1,0087	1,0177	1,0268	1,0360	1,0452	1,0544	1,0637	1,0731	1,0825	1,0920	1,1017	1,1115	1,1211
18 „	0,9996	1,0085	1,0175	1,0266	1,0357	1,0449	1,0539	1,0633	1,0727	1,0821	1,0917	1,1014	1,1111	1,1208
19 „	0,9995	1,0083	1,0172	1,0263	1,0354	1,0446	1,0538	1,0631	1,0724	1,0819	1,0914	1,1011	1,1108	1,1204
20 „	**0,99932**	1,0081	**1,01700**	1,0261	1,0352	**1,04434**	1,0535	1,0628	**1,07209**	1,0815	**1,09107**	1,1007	**1,11045**	1,1201

Specifische Gewichte der kohlensauren Natron-Lösungen zwischen 0° Cels. und 20° Cels.

Das Gewicht eines gleich grossen Volumen Wassers von 15° C. = 1.

Temperaturgrade.	0 Proc.	1 Proc.	2 Proc.	3 Proc.	4 Proc.	5 Proc.	6 Proc.	7 Proc.	8 Proc.	9 Proc.	10 Proc.	11 Proc.	12 Proc.	13 Proc.	14 Proc.	15 Proc.
bei 0° Cels.	1,00070	1,0117	1,0227	1,0337	1,0447	1,05581	1,0667	1,0776	1,0886							
1 „	1,0007	1,0117	1,0227	1,0337	1,0446	1,0556	1,0665	1,0774	1,0884							
2 „	1,0008	1,0118	1,0227	1,0336	1,0445	1,0555	1,0663	1,0772	1,0881	1,0990						
3 „	1,0009	1,0118	1,0226	1,0335	1,0444	1,0553	1,0661	1,0770	1,0879	1'0987						
4 „	1,00091	1,0117	1,0226	1,0334	1,0442	1,0551	1,0659	1,0767	1,0876	1,0985	1,1095					
5 „	1,0009	1,0117	1,0225	1,0333	1,0441	1,05497	1,0657	1,0765	1,0873	1,0982	1,01919					
6 „	1,0008	1,0116	1,0224	1,0331	1,0439	1,0547	1,0654	1,0762	1,0871	1,0979	1,1088	1,1198				
7 „	1,0007	1,0115	1,0222	1,0330	1,0437	1,0545	1,0652	1,0760	1,0868	1,0975	1,1085	1,1194				
8 „	1,0007	1,0114	1,0221	1,0328	1,0435	1,0543	1,0650	1,0757	1,0865	1,0972	1,1082	1,1191	1,1303			
9 „	1,0006	1,0113	1,0220	1,0327	1,0434	1,0541	1,0647	1,0754	1,0862	1,0969	1,1078	1,1188	1,1297			
10 „	1,00058	1,0112	1,0219	1,0325	1,0432	1,05386	1,0645	1,0752	1,0859	1,0966	1,10750	1,1184	1,1293	1,1404		
11 „	1,0005	1,0111	1,0217	1,0323	1,0429	1,0536	1,0642	1,0749	1,0856	1,0963	1,1071	1,1180	1,1289	1,1400		
12 „	1,0003	1,0109	1,0215	1,0321	1,0427	1,0533	1,0639	1,0746	1,0852	1,0959	1,1068	1,1177	1,1286	1,1396	1,1507	
13 „	1,0002	1;0108	1,0214	1,0319	1,0425	1,0531	1,0636	1,0743	1,0849	1,0956	1,1064	1,1173	1,1282	1,1392	1,1503	
14 „	1,0001	1,0107	1,0212	1,0317	1,0422	1,0528	1,0633	1,0740	1,0846	1,0952	1,1061	1,1169	1,1278	1,1388	1,1499	1,1612
15 „	1,	1,0105	1,0210	1,0315	1,0420	1,05255	1,0631	1,0737	1,0843	1,0949	1,10571	1,1166	1,1274	1,1384	1,1495	1,16080
16 „	0,9999	1,0103	1,0208	1,0313	1,0417	1,0522	1,0628	1,0733	1,0840	1,0945	1,1053	1,1162	1,1270	1,1380	1,1491	1,1604
17 „	0,9997	1,0102	1,0206	1,0310	1,0415	1,0519	1,0624	1,0730	1,0836	1,0942	1,1050	1,1158	1,1266	1,1376	1,1486	1,1599
18 „	0,9996	1,0100	1,0204	1,0308	1,0412	1,0517	1,0621	1,0727	1,0833	1,0939	1,1046	1,1154	1,1262	1,1372	1,1482	1,1595
19 „	0,9994	1,0098	1,0202	1,0306	1,0409	1,0514	1,0618	1,0724	1,0829	1,0935	1,1043	1,1150	1,1258	1,1368	1,1478	1,1590
20 „	0,99932	1,0097	1,0200	1,0303	1,0407	1,05108	1,0615	1,0721	1,0826	1,0932	1,10390	1,1147	1,1254	1,1364	1,1474	1,15861

Specifische Gewichte

der 10procentigen $NaO.SO^3$-Lösung.			der 10procentigen $NaO.CO^2$-Lösung.			der 20procentigen $MgO.SO^3$-Lösung.		
Das Gewicht eines gleich grossen Volumen Wassers von 15° C. = 1.								
0°	Cels.	1,09652	0°	Cels.	1,11074	0°	Cels.	1,22695
1	„	1,09632	1	„	1,11043	1	„	1,22666
2	„	1,09612	2	„	1,11012	2	„	1,22636
3	„	1,09593	3	„	1,10981	3	„	1,22607
4	„	1,09473	4	„	1,10950	4	„	1,22577
5	„	1,09553	5	„	1,10919	5	„	1,22548
6	„	1,09527	6	„	1,10885	6	„	1,22515
7	„	1,09501	7	„	1,10851	7	„	1,22482
8	„	1,09474	8	„	1,10818	8	„	1,22448
9	„	1,09448	9	„	1,10784	9	„	1,22415
10	„	1,09422	10	„	1,10750	10	„	1,22382
11	„	1,09393	11	„	1,10714	11	„	1,22348
12	„	1,09363	12	„	1,10678	12	„	1,22314
13	„	1,09334	13	„	1,10643	13	„	1,22280
14	„	1,09304	14	„	1,10607	14	„	1,22246
15	„	1,09275	15	„	1,10571	15	„	1,22212
16	„	1,09241	16	„	1,10535	16	„	1,22177
17	„	1,09208	17	„	1,10499	17	„	1,22142
18	„	1,09174	18	„	1,10462	18	„	1,22106
19	„	1,09141	19	„	1,10426	19	„	1,22071
20	„	1,09107	20	„	1,10390	20	„	1,22036
21	„	1,09070	21	„	1,10347	21	„	1,21997
22	„	1,09033	22	„	1,10304	22	„	1,21958
23	„	1,08996	23	„	1,10262	23	„	1,21919
24	„	1,08959	24	„	1,10219	24	„	1,21881
25	„	1,08922	25	„	1,10176	25	„	1,21842
26	„	1,08883	26	„	1,10134	26	„	1,21808
27	„	1,08844	27	„	1,10091	27	„	1,21765
28	„	1,08806	28	„	1,10049	28	„	1,21726
29	„	1,08767	29	„	1,10006	29	„	1,21687
30	„	1,08728	30	„	1,09964	30	„	1,21649
35	„	1,08513	35	„	1,09730	35	„	1,21435
40	„	1,08298	40	„	1,09497	40	„	1,21222
45	„	1,08042	45	„	1,09239	45	„	1,20992
50	„	1,07787	50	„	1,08982	50	„	1,20762
55	„	1,07497	55	„	1,08694			
60	„	1,07208	60	„	1,08407			
65	„	1,06905	65	„	1,08102			
70	„	1,06603	70	„	1,07797			
75	„	1,06289	75	„	1,07485			
80	„	1,05975	80	„	1,07173			
85	„	1,05654	85	„	1,06854			
90	„	1,05333	90	„	1,06536			
95	„	1,05021	95	„	1,06221			
100	„	1,04710	100	„	1,05906			

Tafel I.

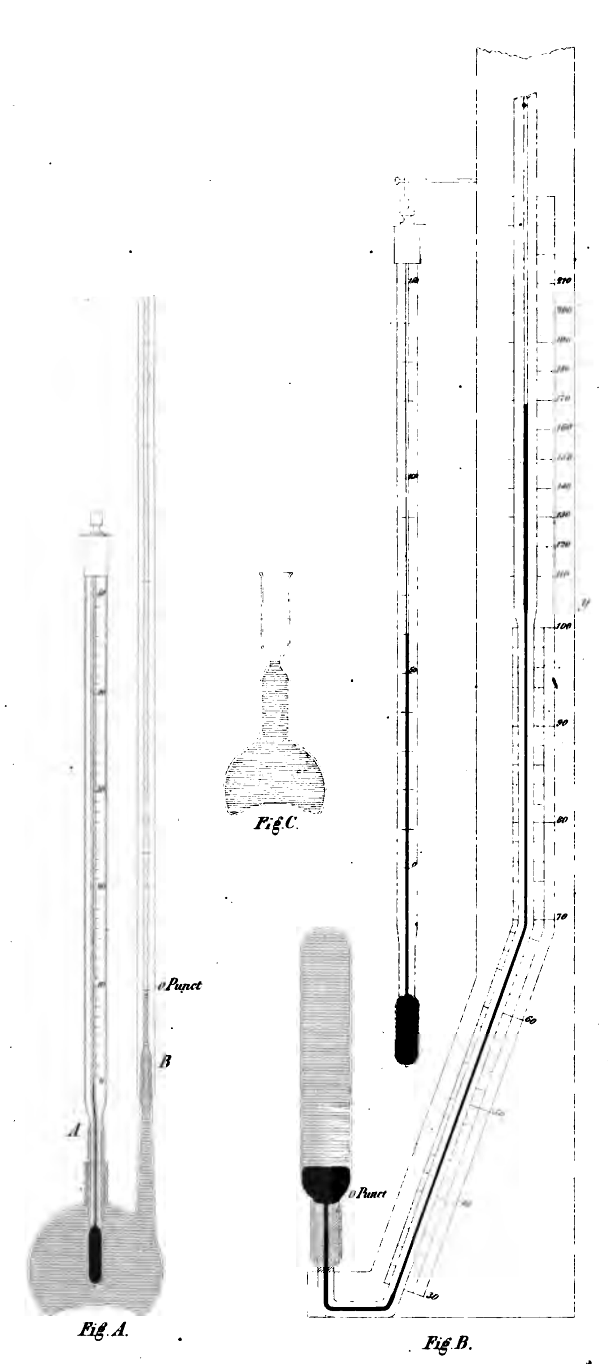


Fig. A.

Fig. C.

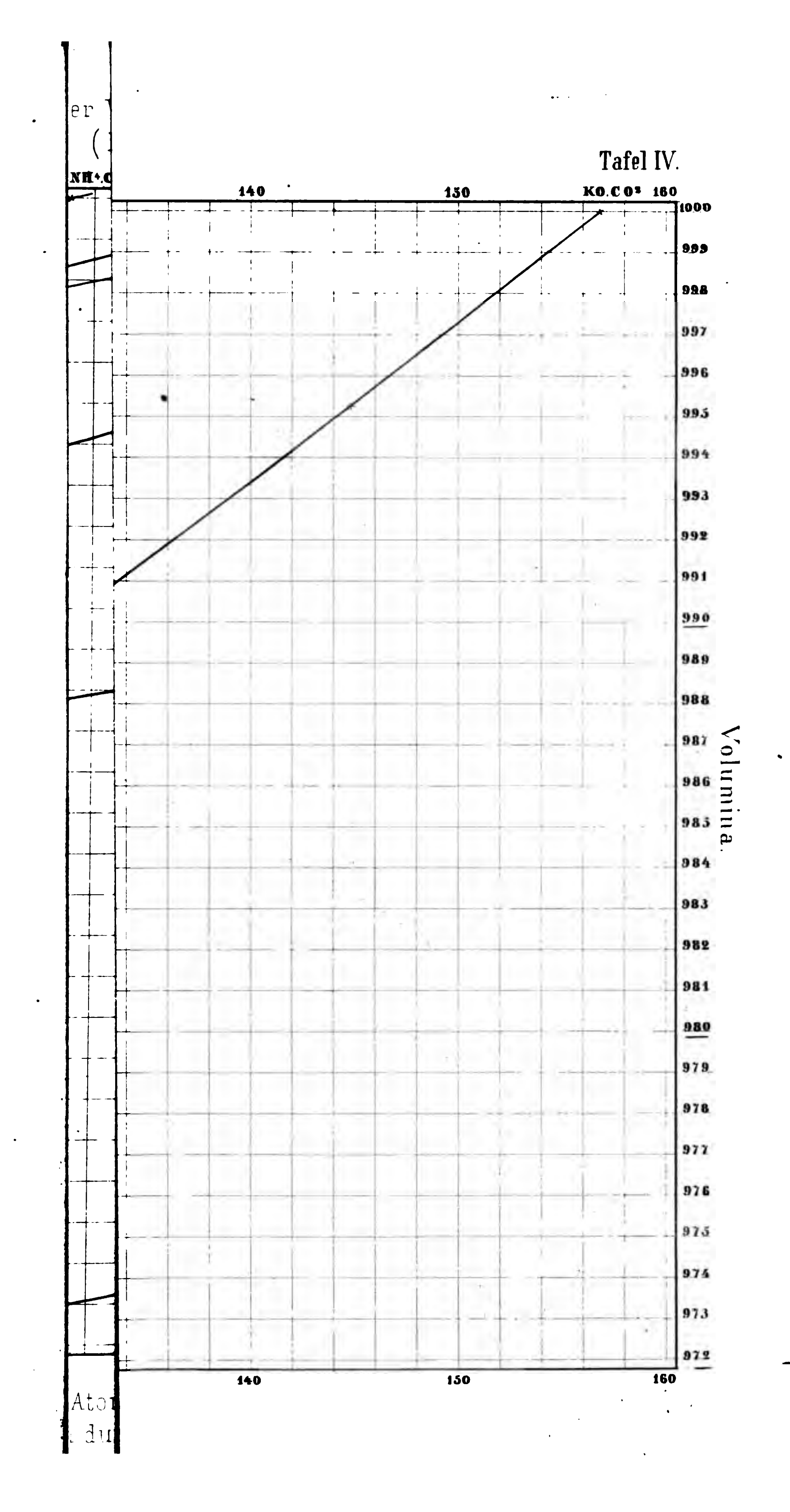
Fig. B.

1,34
1,33
1,32
1,31
1,30
1,29
1,28
1,27
1,26
1,25
1,24
1,23
1,22
1,21

du

130
129
128
127
126
125
124
123
122
121
120
119
118
117
116

Ator
dur



Tafel IV.
KO.CO²
140
150
160
1000
999
998
997
996
995
994
993
992
991
990
989
988
987
986
985
984
983
982
981
980
979
978
977
976
975
974
973
972
Volumina.

30 8

10 2